



Instituto Politécnico de Tomar – Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro
(Departamento de Geologia da UTAD – Departamento de Território, Arqueologia e Património do IPT)



**Master Erasmus Mundus em
QUATERNARIO E PRÉ-HISTÓRIA**

Dissertação final:

**Micromorfologia dos Depósitos Sedimentares dos Sítios Arqueológicos
Toca do Baixão do Perna I e Toca da Ema do Sítio do Brás I.
Parque Nacional da Serra da Capivara - Piauí - Brasil.**

Guilherme de Lima Nascimento Sório

Orientador: Dr. Pierluigi Rosina

Ano académico 2014/2015



Micromorfologia dos Depósitos Sedimentares dos Sítios Arqueológicos

Toca do Baixão do Perna I e Toca da Ema do Sítio do Brás I.

Parque Nacional da Serra da Capivara - Piauí - Brasil.

Guilherme de Lima Nascimento Sório

Resumo:

Considerando que os sítios arqueológicos estão quase sempre associados à depósitos sedimentares ou solos, a análise micromorfológica dos mesmos se torna uma ferramenta essencial para a identificação e interpretação de características, que correlacionadas e analisadas em conjunto, permitem a compreensão dos processos envolvidos na formação dos solos, identificação da proveniência do material depositado, bem como processos pós-deposicionais e mudanças climáticas, tornando assim, o método mais confiável para compreensão de tais processos. O estudo em questão priorizou a análise micromorfológica de dois depósitos sedimentares relacionados à abrigos areníticos, nomeadamente Toca do Baixão do Perna I e Toca da Ema do Sítio do Brás I, localizados no Parque Nacional da Serra da Capivara, Piauí, Brasil, com riqueza de grafismos rupestres e vestígios de ocupação humana com grande relevância na arqueologia nacional e internacional, uma vez que remontam a ocupações ocorridas durante o período de transição Pleistoceno-Holoceno.

Palavras-chave: Micromorfologia, depósito sedimentar, arqueologia, Parque Nacional da Serra da Capivara, Pleistoceno-Holoceno.

Abstract:

Whereas the archaeological sites are nearly always associated with sedimentary deposits and soils, the micromorphological analysis of them becomes an essential tool for the identification and interpretation of characteristics that correlated and analyzed together, allow an understanding of the processes involved in soil formation, provenance identification of the deposited material, as well as post-depositional processes and climate change, thus making it the most reliable method for understanding these processes. The present study prioritized the micromorphological analysis of two sedimentary deposits related to sandstone shelters, namely Toca do Baixão do Perna I e Toca da Ema do Sítio do Brás I, located in the Serra da Capivara National Park, Piauí, Brazil, with wealth rock art and traces of human occupation with great relevance in the national and international archeology, since they date back to occupations that took place during the transition period Pleistocene-Holocene.

Keywords: Micromorphology, sedimentary deposit, archaeology, Serra da Capivara National Park, Pleistocene-Holocene.

Epígrafe

“Todos os meus bens estão comigo.”

Lucius Annaeus Sêneca

Agradecimentos

Agradeço em especial a minha família, que me apoiou e apoia, em todas as minhas escolhas e decisões, mas que também me indica o caminho quando necessário.

Aos professores e funcionários do Museu de Arte Pré-Histórica e do Sagrado no Vale do Tejo, do IPT e da UTAD.

Aos professores e funcionários do Museum National d'Histoire Naturelle, Paris e do Musée de Préhistoire de Tautavel.

Aos amigos que me acompanharam em Portugal e aos que me acompanham no Brasil.

Lista de Figuras

Figura 1- Localização do PNSC e municípios limítrofes. (Adaptado de GUÉRIN & FAURE, 2008).	12
Figura 2 - Províncias estruturais do Escudo Atlântico pertencentes a área de estudo. (Adaptado de CAMPOS, 2015).	16
Figura 3 - Província Parnaíba (Extraído de Silva, 2003).	17
Figura 4 – Mapa geológico do PNSC (Extraído de Barbosa & Furrier, 2012).	20
Figura 5 – Mapa geomorfológico do PNSC (FUMDHAM, 2009).	21
Figura 6 – Mapa da cobertura vegetal do PNSC (FUMDHAM, 2009)	22
Figura 7 – Foto do abrigo arenítico do Perna I, detalhe do descamamento das paredes (arquivo pessoal).	23
Figura 8 – Foto de parte da mancha gráfica do Perna I, com sobreposições de Tradições (arquivo pessoal)	25
Figura 9 – Foto do vale em frente ao Ema I, onde se localizam os pedimentos (arquivo pessoal).....	26
Figura 10 – Foto apresentando o aproveitamento do espaço pictural (arquivo pessoal)	27
Figura 11 - Rachaduras estruturais e alguns recobrimentos de sais minerais de cor branca (arquivo pessoal)	27
Figura 12 – Local das duas sondagens PernaI e Ema I (extraído de CAMPOS, 2015)	33
Figura 13 – a) Recolha de amostra para micromorfologia; b) acomodação da amostra em caixa de coleta. (arquivo pessoal).....	34
Figura 14 – Estufa a vácuo onde as amostras permaneceram para ascensão da resina (arquivo pessoal)	36
Figura 15 – a) Corte lminar de plaqueta; b) Plaquetas com face aplanada (arquivo pessoal)	37
Figura 16 – a) lâmina de microscópio utilizada para colagem de plaqueta; b) desbastamento e polimento de plaqueta até atingir cerca de 30µm de espessura. (arquivo pessoal).....	37
Figura 17 – a) Colagem de plaquetas em lâminas de microscópio; b) Colagem de lamínulas nas plaquetas após desbastamento. (arquivo pessoal).....	38
Figura 18 - Níveis hierárquicos de estrutura (extraído e adaptado de CASTRO, 2008).	39
Figura 19 – A figura apresenta os graus de seleção, as dimensões, a frequência e a variabilidade dos componentes de uma lâmina (extraído e adaptado de CASTRO, 2008).	39
Figura 20 – A figura apresenta as classificações dos componentes segundo contraste e nitidez (extraído e adaptado de CASTRO, 2008).	40
Figura 21 – Classes e tipos de formas mais comuns (extraído de CASTRO, 2008).	40
Figura 22 – a) Cassificação segundo grau de arredondamento; b) Classificação segundo a rugosidade superficial. (extraído de CASTRO, 2008).	41
Figura 23 – Tipos de destribuição relativa (extraído de CASTRO, 2008).	42
Figura 24 – Formas principais dos poros (extraído de CASTRO, 2008).	42
Figura 25 – Tipos principais de microestrutura (extraído de CASTRO, 2008).	43
Figura 26 – Gêneros de feições pedológicas (extraído de CASTRO, 2008).	44
Figura 27 – a) Feições pedológicas segundo Bulloock et al. (1985); b) Feições pedológicas segundo Brewer (1964). (extraído e adaptado de CASTRO, 2008).	45
Figura 28 – Locais de coleta das amostras de rocha do abrigo do Perna I (extraído e adaptado de CAMPOS, 2015).	46
Figura 29 – Locais de coleta das amostras de rocha do abrigo do Ema I (extraído e adaptado FUMDHAM)	46
Figura 30 - Analisador de dimensão de partículas Malvern Mastersizer 2000 (arquivo pessoal).	49
Figura 31 – a) Lâmina PernaI/15cm; b) Lâmina PernaI/50cm; c) Lâmina PernaI/90cm; d) Lâmina PernaI/150cm; e) Lâmina PernaI/220cm.	49
Figura 32 - a) Distribuição relativa Porfírica fechada, com ferri-argilãs na parte inferior devido a iluviação de material transportado, PPL; b) Mesma microfotografia, XPL, com ferri-argilãs com extinção nítida.	51

Figura 33 - a) Ferri-argilãs de canal, com segregações pós-deposicionais incipientes de Fe com pouca microlaminação, PPL; b) Mesma microfoto, XPL, com ferri-argilãs com extinção nítida.....	51
Figura 34 - a) Distribuição relativa Porfírica fechada, com pedotúbulo com preenchimento solto e descontínuo, PPL; b) Acumulação de óxidos de Fe, PPL.....	51
Figura 35 - a) Forte presença de ferri-argilãs de iluviação bastante microlaminados e com microfissurações, tanto típicos, quanto crescentes, PPL; b) Mesma microfoto, XPL, com ferri-argilãs com extinção nítida.	52
Figura 36 - a) Ferri-argilã de iluviação do tipo crescente, bastante marcado de microlaminação, com segregação pós-deposicional de material mais grosseiro e microfissuração, PPL; b) Nódulo ferruginoso típico, bem arredondado, evidenciando seu transporte, PPL.	52
Figura 37 - a) Seção da lâmina com distribuição relativa Enáulica. Presença de nódulo ferruginoso, PPL; b) Seção da lâmina com distribuição Enáulica.....	53
Figura 38 - a) Seção com distribuição relativa porfírica e com ferrãs de ligação, PPL; b) Ferrãs, PPL.	53
Figura 39 - a) Seção com distribuição relativa Enáulica; b) Mesma microfoto, XPL.	54
Figura 40 - a) Nódulo ferruginoso arredondado em meio a matriz Porfírica, PPL; b) Ferri-argilã com extinção cruzada nítida, XPL.	54
Figura 41 - a) Distribuição relativa Porfírico-enáulica, com grãos de quartzo com cerca de 2mm, PPL; b) Presença de grande canal com restos de raiz, PPL.	55
Figura 42 - a) Ferri-argilãs de iluviação do tipo crescente, microlaminação e microfissuração, PPL; b) Ferri-argilãs de ligação, PPL.	55
Figura 43 - a) Distribuição relativa Enáulica, com nódulo ferruginoso com cerca de 2mm e arredondado, PPL; b) Distribuição relativa Enáulica, PPL.	57
Figura 44 - a) Nódulo ferruginoso bem arredondado em meio a distribuição relativa Enáulica, PPL; b) Nódulo ferruginoso bem arredondado em meio a distribuição relativa Enáulica, PPL.	57
Figura 45 - a) Pápula, PPL; b) Pápula, XPL.....	57
Figura 46 - a) Nódulo ferruginoso subangular, PPL; b) Nódulo ferruginoso subangular, XPL.	58
Figura 47 - a) Presença de canal em meio a distribuição relativa Porfírica fechada, PPL; b) Presença de canal em meio a distribuição relativa Porfírica fechada, XPL.	59
Figura 48 - a) Distribuição relativa pontualmente gefúrica, PPL; b) Distribuição relativa pontualmente gefúrica, XPL.....	59
Figura 49 - a) Lâmina EmaI/25cm; b) Lâmina EmaI/100cm; c) Lâmina EmaI/270cm	60
Figura 50 - a) Presença de poros do tipo câmara, PPL; b) Presença de poros do tipo câmara, XPL.	61
Figura 51 - a) Canal em meio a distribuição relativa Porfírica, PPL; b) Canal em meio a distribuição relativa Porfírica, XPL.	61
Figura 52 - a) Ferri-argilãs com segregação pós-deposicional de ferro, com laminação, PPL; b) Ferri-argilãs com segregação pós-deposicional de ferro, com laminação, PPL.	62
Figura 53 - a) Distribuição relativa Porfírica, PPL; b) XPL.	63
Figura 54 - a) Distribuição relativa Porfírico-enáulica, PPL; b) XPL.	63
Figura 55 - a) Presença de canal, PPL; b) XPL.	63
Figura 56 - a) Preenchimento de pedotúbulo com material solto e descontínuo, PPL; b) XPL.	64
Figura 57 - a) Distribuição relativa Enáulica, PPL; b) Ferri-argilãs com segregação pós-deposicional de Fe, PPL.	64
Figura 58 - a) Formação de microagregado, PPL; b) XPL.....	65
Figura 59 - a) Distribuição relativa Gefúrica, PPL; b) XPL.....	65
Figura 60 - a) Presença de raiz recente, PPL; b) XPL.	66
Figura 61 - a); b); c); d) Rocha 8.....	67
Figura 62 - a); b); c); d) Rocha 10.....	67
Figura 63 - a); b) Rocha 11	68
Figura 64 - a); b); c); d) Rocha 2.....	69
Figura 65 - a); b) Rocha 3	69
Figura 66 - a); b) Rocha 4	69

Sumário

1. Introdução	9
2. Parque Nacional da Serra da Capivara.....	12
2.1. Localização Geográfica.....	12
2.2. Arqueologia e Arte Rupestre.....	13
2.3. Geologia	15
2.3.1. Bacia do Parnaíba.....	16
2.3.2. Faixa de Dobramentos Riacho do Pontal	19
2.3.3. Cobertura sedimentar Quaternária do PNSC.....	19
2.4. Geomorfologia	20
2.5. Clima e Vegetação	22
3. Sítios pesquisados.....	23
3.1. Toca do Baixão do Perna I (Perna I)	23
3.2. Toca da Ema do Sítio do Brás I (Ema I)	25
4. Problemática.....	28
5. Materiais e Métodos.....	32
5.1. Sondagens	32
5.2. Amostragem, impregnação, equipamentos e preparação das lâminas de solo não perturbado	33
5.2.1. Amostragem, coleta e manuseio.....	33
5.2.2. Impregnação	35
5.2.3. Preparação das lâminas	36
5.2.4. Critérios para a descrição micromorfológica	38
5.3. Lâminas delgadas de rocha	45
5.3.1. Amostragem	45
5.3.2. Impregnação e preparação.....	46
5.4. Granulometria	47
6. Resultados	49
6.1. Perna I	49
6.2. Ema I.....	60
6.2.1. Descrição microscópica das rochas suporte	66
7. Considerações Finais.....	70
Bibliografia.....	71
ANEXOS.....	75

1. Introdução

Os solos e sedimentos de sítios arqueológicos não só fornecem informações sobre os artefactos neles existentes como também são um recurso essencial para o entendimento da estratigrafia, do desenvolvimento do solo, diagênese, perturbações naturais ou artificiais, intemperismo e até mesmo para a reconstrução paleoambiental local ou regional. Há portanto, muitas vezes, a necessidade de um estudo mais aprofundado, neste sentido, em investigações arqueológicas, como é o caso do Parque Nacional da Serra da Capivara, onde a Micromorfologia, como ferramenta suplementar na interpretação de sítios arqueológicos, se encontra incipiente.

A Micromorfologia aplicada à Arqueologia é abordada como carro chefe do presente trabalho e a interdisciplinaridade a qual ela carrega permitirá a ligação entre os resultados obtidos através das análises de sedimentos e de rochas coletadas, a própria arqueologia e outras disciplinas associadas às ciências da Terra tais como a Geologia, Geografia, Geomorfologia, Pedologia, entre outras.

Com o estudo microscópico de lâminas delgadas de solos torna-se possível descrever e medir componentes, características e tecidos em solos não perturbados, que não podem ser vistos a olho nu. Segundo Stoops (2003), é um método de estudo de amostras de solo e regolito, não perturbadas, com técnicas microscópicas e ultramicroscópicas, no qual se identifica as diferentes componentes e determina suas relações mútuas no espaço e no tempo. O seu objectivo é investigar os processos responsáveis pela formação ou transformação do solo em geral, ou de características específicas, quer naturais (cutãs, nódulos) ou artificiais (crostas de irrigação ou arado). Por conseguinte, é uma importante ferramenta para investigações de gênese dos solos e sua classificação, ou gestão dos solos e regolitos, tratando-se, portanto, de uma técnica laboratorial complementar que não pode estar desvinculada do trabalho de campo prévio, onde a descrição dos perfis a partir da observação direta da realidade qualitativa é imprescindível.

Em resumo, os objetivos fundamentais da micromorfologia de solos são:

1º. Identificar os constituintes dos solos nas diferentes frações;

2º. Definir as relações existentes entre os constituintes (tipos de organização, hierarquia e cronologia das organizações);

3º. Formular hipóteses ou demonstrações acerca da dinâmica genética e evolutiva dos solos, na tentativa de esclarecer as controvérsias sobre sua origem, evolução e comportamento.

A análise detalhada dos constituintes serve para diagnosticar filiações litológicas e/ou pedogenéticas entre os materiais, os processos e mecanismos a elas associados (alteração, pedogênese e morfogênese), seus eventos, fases e cronologia relativa (CASTRO, 2008), dando auxílio suficiente à identificação, diagnóstico e prognóstico do comportamento e funcionamento do solo, gerando assim um leque geral de aplicações em áreas afins, tais como:

1) Pedologia:

- Gênese, morfologia e classificação,
- Comportamento e funcionamento (física e geoquímica do solo),
- Uso, manejo e conservação,
- Paleopedologia.

2) Geomorfologia:

- Processos de vertentes,
- Depósitos correlativos,
- Cronoestratigrafia.

3) Geologia:

- Relações entre rochas e suas alterações,
- Depósitos supérgenos,
- Geologia aplicada, geologia de engenharia ou geotecnia.

4) Geografia física:

- Distribuição de solos relacionada a fatores de formação,
- Biogeografia (ações da fauna e da flora),
- Paleogeografia ou reconstituição paleoambiental,
- Impactos do uso e ocupação.

5) Arqueologia:

- Detecção de fragmentos nos depósitos,
- Cronologia e hierarquia de depósitos,
- Relações entre depósitos e características paleoambientais.

Com relação a dissertação de mestrado em questão o enfoque maior é dado às questões envolvidas na metodologia utilizada, assim como na descrição e posterior interpretação dos resultados obtidos a partir das amostras coletadas.

Tais amostras de sedimentos e de rochas foram coletados de sondagens feitas em dois sítios arqueológicos pertencentes ao Parque Nacional da Serra da Capivara (PNSC), Piauí – Brasil e dos abrigos de rocha relacionados aos mesmos. Parte dos sedimentos foram submetidos a análise granulométrica à laser, ao passo que as amostras de sedimento consolidado serviram para confecção de lâminas delgadas de sedimento para fins de análise micromorfológica. Já as amostras de rocha suporte dos abrigos areníticos dos mesmos sítios foram utilizadas para a confecção de lâminas petrográficas com o intuito de identificar a proveniência dos sedimentos coletados.

A estrutura do texto é dividida em sete capítulos, onde o segundo discorre acerca dos aspectos gerais do PNSC, nomeadamente: Localização geográfica, Arqueologia e Arte Rupestre, Geologia, Geomorfologia, Clima, Vegetação. Já o terceiro capítulo aborda aspectos específicos dos dois sítios estudados, Toca do Baixão do Perna I e Toca da Ema do Sítio do Brás I, contendo descrição sumária dos mesmos e resumo de estudos prévios (cultura material, arte rupestre). Problemática é discutida no quarto capítulo, como ponto de partida para a organização da fundamentação da pesquisa, tendo como referência diversos autores com linhas de pesquisa voltadas à Micromorfologia aplicada à Arqueologia. O quinto é destinado à metodologia utilizada desde a pesquisa de campo até a descrição das lâminas e dos gráficos referentes à granulometria, a saber: sondagens, coleta das amostras de Solo/Rocha, preparação das amostras consolidadas e de rocha (equipamentos, impregnação, preparação das lâminas), granulometria a laser. A descrição micromorfológica e interpretação dos resultados obtidos a partir da descrição das lâminas e da granulometria são parte integrante do sexto capítulo e as considerações finais do sétimo.

2. Parque Nacional da Serra da Capivara

2.1. Localização Geográfica

O Parque Nacional Serra da Capivara está localizado na região Nordeste do Brasil, nos municípios de São Raimundo Nonato, Coronel José Dias, João Costa e Brejo do Piauí, no Sudeste do Estado do Piauí (Fig. 1). Ele corresponde a uma área de 129.140 hectares com um perímetro de 214 quilômetros, situado entre as seguintes coordenadas geográficas: 8° 26' 50" e 8° 54' 23" de latitude sul e 42° 19' 57" e 42° 45' 51" de longitude oeste (GUIDON *et al.* apud BUCO, 2012, p. 27).

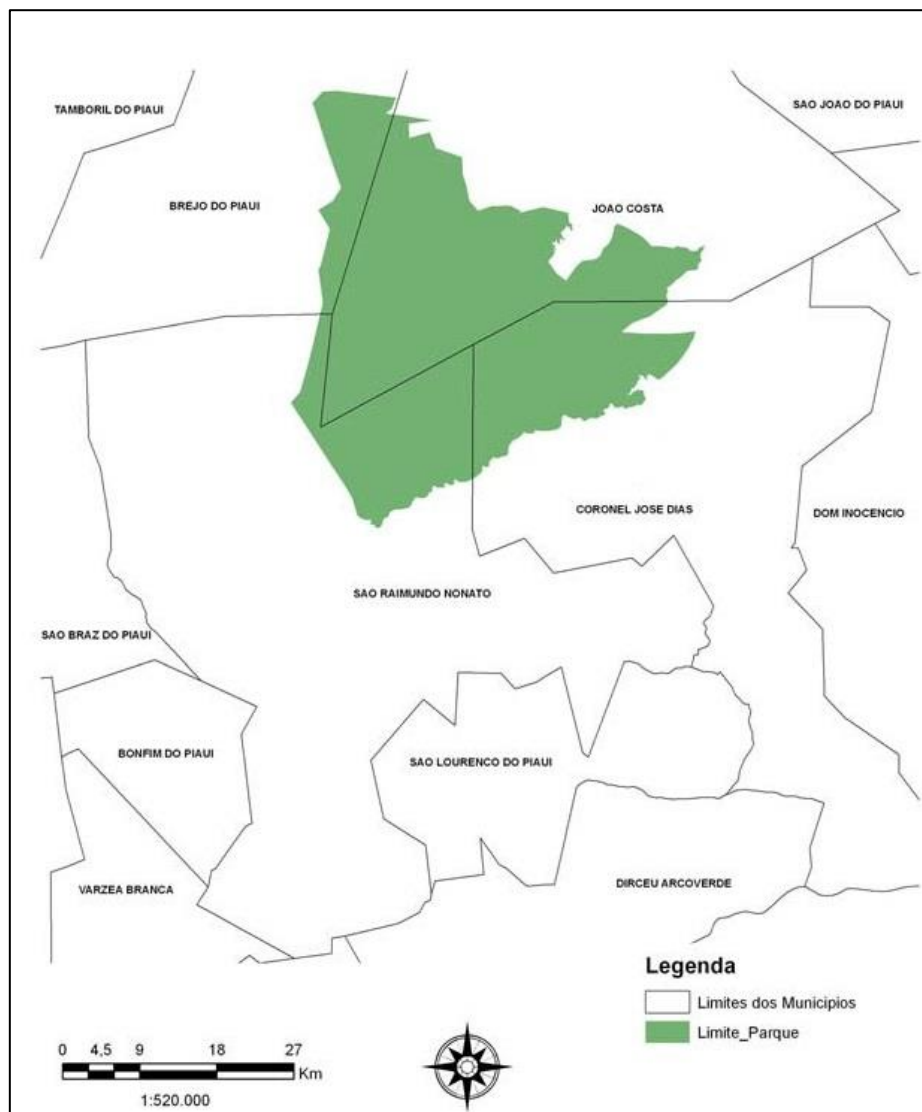


Figura 1- Localização do PNSC e municípios limítrofes. (Adaptado de GUÉRIN & FAURE, 2008).

2.2. Arqueologia e Arte Rupestre

O PNSC foi estabelecido em 1979, a pedido da equipe científica de pesquisadores brasileiros e franceses que já vinham estudando a região desde o início da década de 1970 e que pediu, em 1978, o Governo Federal para criar uma unidade de conservação, a fim de preservar os sítios de arte rupestre locais. Criado a partir da preocupação da presença de posseiros, caçadores e desmatamento ilegal de espécies nobres, a FUMDHAM (Fundação Museu do Homem Americano) foi criada em 1986 (BUCO & GUIDON, 2008).

No parque e na área circundante, a quantidade de sítios arqueológicos, a maioria deles com pintura rupestre, é enorme. Devido à sua importância e à grande antiguidade da presença humana na região o parque foi incluído na lista do Patrimônio Mundial da UNESCO em 1991, como consequência do pedido oficial do governo brasileiro e listado como sítio histórico em 1993, pelo IPHAN (Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional) com um registro na lista sobre a proteção da arqueologia, etnografia e conservação da paisagem.

De acordo com o banco de dados da FUMDHAM (2012), foram cadastrados 874 sítios arqueológicos na área do PNSC e área de preservação permanente, sendo que 695 dos mesmos apresentam grafismos rupestres, constituindo-se assim uma das regiões com maior concentração de pinturas rupestres do continente americano e uma das mais conhecidas do Brasil em termos de pesquisas arqueológicas.

Segundo Guidon (1985), a região fornece vestígios da cultura material, tais como: indústria lítica, cerâmica, fogueiras, restos alimentares e outros; a cultura espiritual é representada pelas sepulturas e pela arte rupestre.

Dos sítios escavados, existem alguns que se destacam pelos vestígios encontrados, recuando cronologicamente a presença humana durante o Pleistoceno, por exemplo, a Toca do Boqueirão da Pedra Furada e a Toca do Sítio do Meio (SALVIA, 2006).

No caso da Toca do Boqueirão da Pedra Furada, de acordo com Parenti (1996), as primeiras campanhas de escavação intencionaram esboçar o quadro cronológico da arte rupestre do sítio. Com a descoberta de fogueiras e indústrias líticas em níveis

datados de 25 000 anos AP, houve necessidade de ir mais a fundo nas escavações para uma descrição completa da estratigrafia da porção oriental do sítio. Por fim, as escavações forneceram vários milhares de fragmentos de carvão vegetal em todos os níveis, restos de sementes e folhas nas unidades holocênicas, coprólitos humanos e animais, cerca de 8000 peças líticas, sendo que mais de 600 são pertencentes aos níveis do Pleistoceno, 156 estruturas de combustão (86 nas unidades do Pleistoceno e 70 no Holoceno) e blocos de arenito com traços de ocre e pinturas das camadas holocênicas. As datações de 50 000 anos AP devem ser consideradas como indicadores de uma idade mínima das primeiras ocupações do sítio.

A Toca do Sítio do Meio, considerado modelo de transição cultural, apresentou ocupação desde a camada pleistocênica, até a superfície atual. As escavações dos níveis pleistocênicos revelaram estruturas de combustão formadas por blocos de arenito. Próximo as fogueiras foram encontradas estilhas provenientes de material lascado e sílex, com datações entre 25170 +/-140 (BETA 65350) B.P. e 8.800 +/-60 (BETA 47494) B.P. (MELO, 2007 *apud* SILVA, 2012, p. 21)

Foi encontrado e cadastrado em 1973 pela equipe da Missão Franco-brasileira do Piauí e então escavado em diversas companhas ao longo dos anos (1991, 1992, 1993, 1999 e 2000). Segundo Melo (2007), os vestígios encontrados a partir das escavações foram segregados em duas categorias, as estruturas de fogueira, que somam um total de 48 unidades em todos os níveis, e as estruturas denominadas de oficinas, somando um total de 9 unidades, sendo o último caso caracterizado por áreas de lascamento, onde foi encontrada de forma articulada a indústria lítica.

Destacando-se por seus vestígios ósseos humanos associados a grupos ceramistas e a grupos não-ceramistas, podemos identificar, segundo La Salvia (2006), outros exemplos de importantes sítios, tais como a Toca do Gongo I, a Toca do Paraguaio e a Toca dos Coqueiros.

O contexto arqueológico dos sítios Toca da Janela da Barra do Antonião, Toca do Gordo do Garrincho e Toca de Cima do Pilão, área cárstica do PNSC, permitiu, de acordo com Silva (2012), a associação entre a fauna pleistocênica e artefatos líticos, todavia, a relação existente entre os grupos humanos que habitaram essa região, ainda está sendo investigada, assim como a utilização desses animais como alimento. Segundo

Guidon (2006), restos humanos encontrados na Toca do Garrincho e na Toca da Cerca do Elias foram datados entre 12 000 e 10 000 anos AP.

Nas paredes dos sítios arqueológicos do PNSC, dificilmente se encontram um único estilo ou até mesmo uma única tradição, sendo comum encontrar sobreposições dos registros gráficos.

Para a região da Serra da Capivara, Niède Guidon (1984) realizou uma classificação preliminar dessa arte rupestre em seis tradições, três de pintura (Nordeste, Agreste e Geométrica) e três de gravuras (Itacoatiaras de Leste, Itacoatiaras de Oeste e Gongo). As duas primeiras são largamente utilizadas para além da região da Serra da Capivara, as outras, precisam de mais pesquisa, suas características mesclam se com outras tradições presentes no território brasileiro. (BUCO, 2012, p. 148)

Buco (2012), refere que dado a quantidade de figuras associados aos sítios arqueológicos e a diversidade topográfica, Guidon (1984) definiu para a tradição Nordeste, a subtradição Várzea Grande os estilos Serra da Capivara como o mais antigo (transição Pleistoceno-Holoceno - 12.000 BP) e o Serra Branca como o mais recente (presente até 6.000 BP, momento em que parece desaparecer essa tradição). Entre eles há o complexo estilístico Serra Talhada, um conjunto pictórico com uma grande diversidade temática e estilística, datado por volta de 8.000 BP, período que coincide com o maior aperfeiçoamento das indústrias líticas e o aumento da densidade das ocupações humanas nos abrigos.

Já a tradição Agreste se difere da tradição Nordeste no sentido da técnica pictórica utilizada ser mais rudimentar. Essa tradição está sub-dividida em sub-tradições: Serra do Tapuio, Extrema e Gerais, de acordo com Buco (2012).

2.3. Geologia

O PNSC está localizado predominantemente na Bacia Sedimentar do Parnaíba, pertencente a Província do Parnaíba, mas abrange uma estreita faixa do embasamento cristalino pré-cambriano da Província Borborema, denominada Faixa de Dobramentos Riacho do Pontal e também faz fronteira com a margem norte da Província São Francisco (Fig. 2). Neste último caso, entretanto, mesmo que os solos retirados das sondagens efetuadas neste trabalho se situem na província São Francisco ou na sua bordadura, os solos/sedimentos das camadas escavadas são provenientes da deposição

sedimentar ocorrida durante o Pleistoceno e Holoceno (DARDENE & SCHOBENHAUS, *apud* CAMPOS, 2015, p. 93).

A área da Província Parnaíba (600.000 km²) é coincidente com a da Província Sedimentar do Meio-Norte. Esta designação foi proposta por Góes (1995), que comprovou a dificuldade de compreensão do quadro tectono-sedimentar, no contexto de uma bacia única. A designação é pertinente, uma vez que sua evolução deu-se de maneira policíclica, compartimentada em bacias com gêneses, estilos tectônicos, preenchimento sedimentar e idades distintos. (SILVA et al., 2003, p. 67)

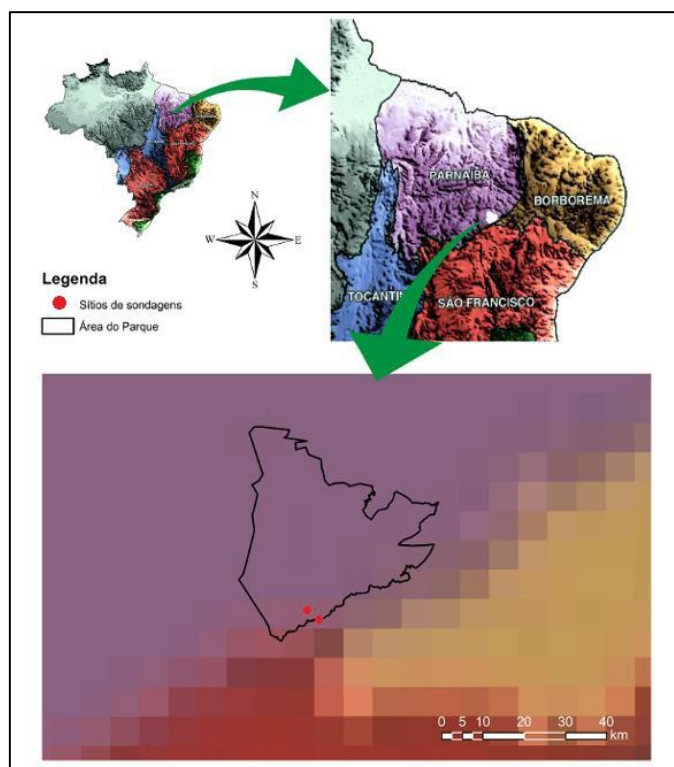


Figura 2 - Províncias estruturais do Escudo Atlântico pertencentes a área de estudo. (Adaptado de CAMPOS, 2015).

2.3.1. Bacia do Parnaíba

De acordo com Silva *et al.* (2003), a Bacia do Parnaíba ocupa aproximadamente metade da província em sua parte centro-sul (Fig. 3). Ela foi implantada sobre os riftes cambro-ordovicianos de Jaibaras, Jaguarapi, Cococi/Rio Jucá, São Julião e São Raimundo Nonato e compreende as supersequências Siluriana (Grupo Serra Grande), Devoniana (Grupo Canindé) e Carbonífero-Triássica (Grupo Balsas) de Góes e Feijó (1994). Entretanto, na área de estudo, afloram rochas, cujos sedimentos foram depositados durante o Siluriano e o Devoniano, correspondendo aos grupos Serra Grande e Canindé (SANTOS, 2007).



Figura 3 - Província Parnaíba (Extraído de Silva, 2003).

Compreendendo as Formações Ipu, Tianguá e Jaicós, o **Grupo Serra Grande** possui ambientes de deposição flúvio-glacial e glacial, passando a transicional (nerítico¹) e retornando às condições continentais (fluvial entrelaçado) como estabelecido por Góes e Feijó (1994), citado por Silva *et al.* (2003), contudo, segundo a proposta para o Geoparque Serra da Capivara, Barros *et al.* (2012), a Formação Ipu é a única unidade do Grupo Serra Grande representada na área de estudo, não aflorando as formações

¹ “Nerítica (sedimentação): Material relativamente grosseiro, terrígeno, que se acumula junto à costa. O material que compõe este tipo de *fácies* é, geralmente, de estratigrafia confusa [...] depósito em mares rasos [...]” (GUERRA, 2008).

Tianguá e Jaicós, ainda que a área proposta para o geoparque exceda os limites do PNSC.

A **Formação Ipu**, depositada no início da Sequência Siluriana, designa arenitos com seixos, conglomerados com matriz areno-argilosa e matacões de quartzo ou quartzito e arenitos de finos a grossos. As rochas dessa unidade foram depositadas numa grande variedade de ambientes, de glacial proximal e glacio-fluvial, a leques ou frentes deltaicos (CAPUTO *apud* VAZ, 2007, p. 255), uma vez que sob tais influências glaciais silurianas, durante a fase de degelo, estes tipos de sedimentos são mais frequentes. Para o intervalo conglomerático dessa formação associa-se um ambiente deposicional do tipo entrelaçado raso, dominado por cascalho, característico de uma rede de canais instáveis e pouco sinuosos podendo ocorrer associado a leques aluviais (MIALL, *apud* BARROS 2012).

As formações que compõem o **Grupo Canindé** inseridas na área do Parque, nomeadamente Formação Pimenteiras e Formação Cabeças, repousam discordantemente sobre o Grupo Serra Grande. (BUCO, 2012)

Segundo Barros *et al.*, 2012, a **Formação Pimenteiras** ocorre na forma de camadas alternadas de arenitos e siltitos com nódulos de minerais ferruginosos e folhelho cinza escuro. Por apresentarem menor resistência a erosão, os siltitos contribuem para a instalação de grandes vales, ocorrendo apenas onde as camadas do arenito mais resistentes se destacam na paisagem. Tais camadas alternadas estão associadas a ambiente nerítico de plataforma marcado por tempestades, que também depositaram delgadas camadas de arenito muito fino.

A **Formação Cabeças** é constituída de arenito fino a médio, bem selecionado, às vezes grosso, de ambientes fluvial a estuarino, que teriam sofrido influência periglacial (FORTES, 1990 *apud* SANTOS, 2007, p. 26). Esse tipo de Formação pode ser observado nos sítios da região do Parque Nacional Serra da Capivara denominada Serra Branca.

2.3.2. Faixa de Dobramentos Riacho do Pontal

A **Faixa de Dobramentos Riacho do Pontal** exibe um sistema de dobramentos dentro da Província Borborema que foi estruturada durante o Ciclo Brasileiro, com formato irregular, ao longo da área de 28.000 km² (NEVES, 1975 *apud* SANTOS, 2007, p. 21). Ela está localizada na divisa dos Estados do Piauí, Pernambuco e Bahia.

A Província estrutural da Borborema é definida como um mosaico complexo de áreas dobradas onde ocorreram efetivos e importantes eventos tectônicos, magmáticos e termais de idade Neoproterozóica. (ALMEIDA *et al*, 1977, *apud* SANTOS, 2007, p. 21).

Sua litologia é composta de terrenos mesozonais (gnaisses, migmatitos) e alguns metassedimentos epizonais (ou supracrustais), nos quais se destacam quartzitos, calcários metamórficos e xistos (LIMA FILHO & VALENÇA, 2002 *apud* BUCO, 2012, p. 33).

2.3.3. Cobertura sedimentar Quaternária do PNSC

Os depósitos sedimentares quaternários da Bacia do Parnaíba têm por substrato e área fonte arenitos, conglomerados e folhelhos silticos de idade paleozóica. A morfologia dessa área é cuestasiforme esculpida em relevo ora plano, ora acidentado. Foram encontradas duas unidades deposicionais quaternárias: elúvio-coluviais e coluviais. Recobrimo a unidade morfoestrutural Reverso da *cuesta*, estão os depósitos arenosos elúvio-coluviais, cujo substrato é composto por arenitos da Formação Itaim, além de argilitos e folhelhos silticos da Formação Pimenteira. O relevo acidentado esculpido nas rochas do Grupo Serra Grande possibilitou a existência de encostas íngremes, situadas nas unidades morfoestruturais, como o Vale da Serra Branca e os Patamares Estruturais, onde repousam os depósitos coluviais. (SANTOS, 2007)

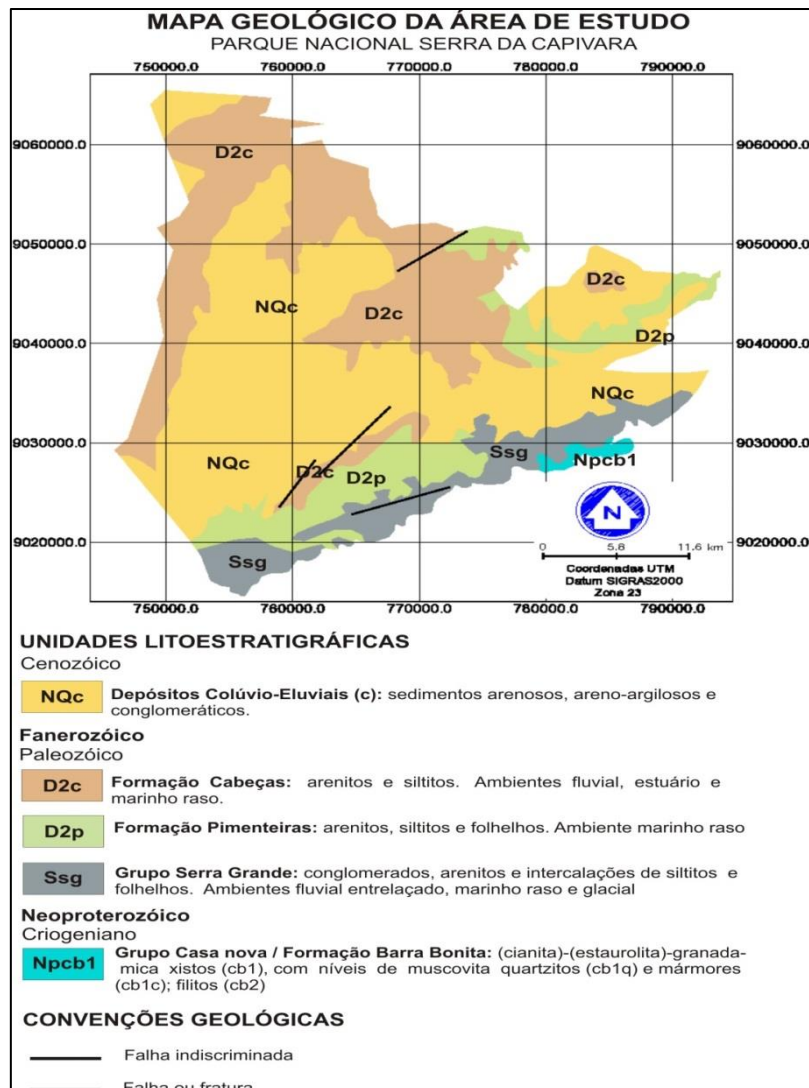


Figura 4 – Mapa geológico do PNSC (Extraído de Barbosa & Furrier, 2012)

2.4. Geomorfologia

Os compartimentos geológicos descritos acima sustentam três unidades geomorfológicas: planaltos areníticos, *cuestas* e pedimentos. (Fig. 5)

Os planaltos areníticos situam-se a oeste do Parque Nacional Serra da Capivara e constituem chapadas do reverso da *cuesta*, de relevo regular, de topos tabuliformes de baixa declividade e baixa dissecação (SANTOS, 2007) e cortado por vales orientados N-S, com fundo plano, profundamente encaixados.

De acordo com Barbosa & Furrier (2012), os limites sul e sudeste do Parque Nacional Serra da Capivara é formado por relevos do tipo *cuesta*, onde são visíveis as inclinações das camadas sedimentares em direção ao centro da bacia sedimentar,

esculpidos nos arenitos e conglomerados do Grupo Serra Grande. A evolução dos processos erosivos da bacia sedimentar do Parnaíba produz um relevo ruiforme, assim como diaclases de caráter tectônico que influem intensamente no desenvolvimento de características morfológicas típicas. O *front* da *cuesta* exhibe *canyons* de entalhe profundo e muito dendriformes, dominados diretamente por paredões de morfologia ruiforme-arredondada (SANTOS, 2007).

Compreendendo uma vasta área aplanada de erosão (60 a 80km), o pedimento se inclina suavemente, a partir dos bordos da *cuesta* arenito, rumo à calha central do rio Piauí. Afloramentos de gnaiss compostos por inselbergs isolados, correspondem a fácies mais resistentes ao sul e ao norte está a área dos micaxistos, ainda mais aplainada, com relevos residuais, compostos de inselbergs, isolados de granito intrusivo e de pequenos maciços carstificados de mármore, localmente chamados de serrotes.

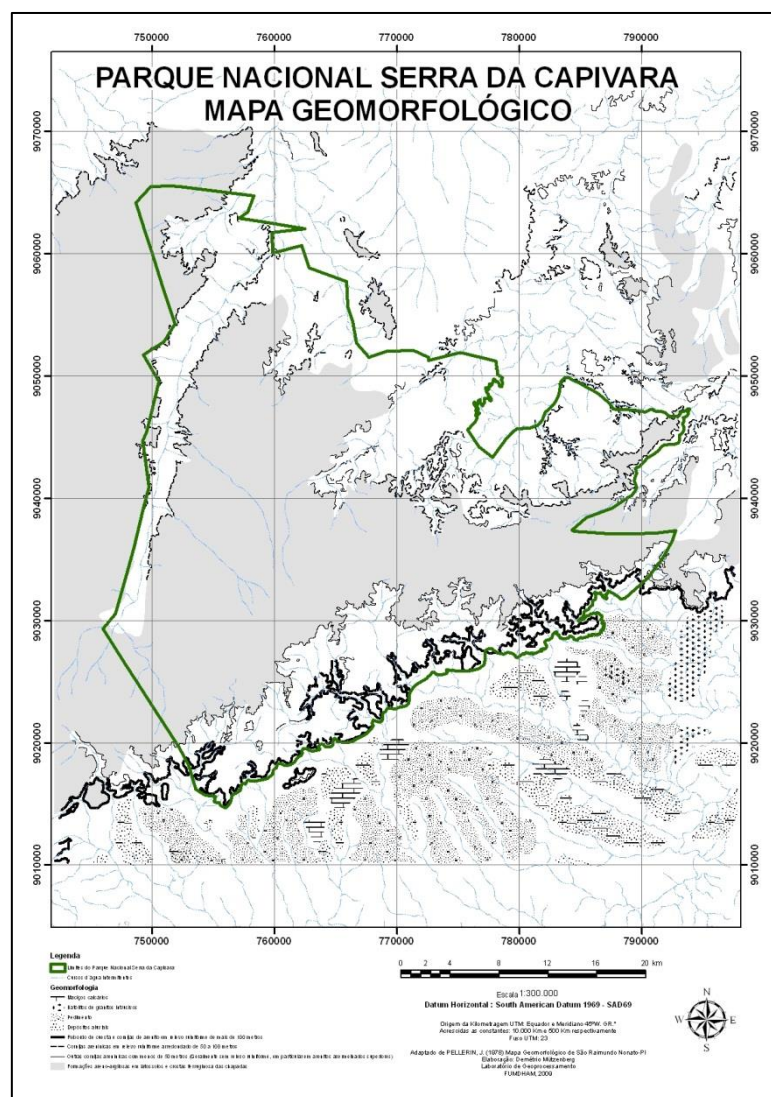


Figura 5 – Mapa geomorfológico do PNSC (FUNDHAM, 2009).

2.5. Clima e Vegetação

Caracterizado por precipitações pluviométricas irregulares durante o verão, com médias anuais da ordem de 650 mm, o clima participa das condições gerais do setor oriental da região semi-árida subequatorial brasileira e é classificado como semi-árido quente segundo Silva (2008).

As temperaturas oscilam entre um mínimo de 12°C, máxima de 35°C e média de 25°C com chuvas anuais inferiores a 700 mm. A estação seca se prolonga por mais de 8 meses como consequência da baixa pluviosidade e média anual de umidade relativa do ar em torno de 20%.

A Caatinga (do tupi: caa (mata) + tinga (branca), mata branca) é o único bioma exclusivamente brasileiro. Este termo designa formações florestais decíduas com espécies espinhosas abundantes, características do Nordeste brasileiro (EMPERAIRE, 1991b *apud* BUCO, 2012, p. 43). O termo mata branca refere-se ao aspecto da vegetação durante a estação seca, quando a maioria das árvores perde as folhas e os troncos esbranquiçados dominam a paisagem. (Fig. 6)

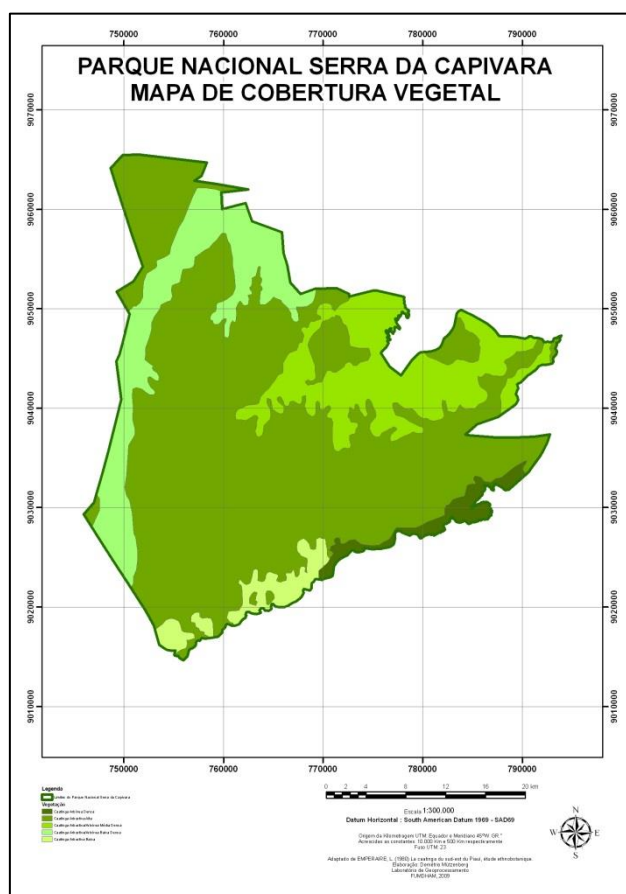


Figura 6 – Mapa da cobertura vegetal do PNSC (FUMDHAM, 2009)

3. Sítios pesquisados

3.1. Toca do Baixão do Perna I (Perna I)

De acordo com Melo (1994, 2007), o Baixão do Perna é um *canyon* onde se encontram 11 abrigos sob rocha, contudo, somente a Toca do Baixão do Perna I acumulou sedimento. O abrigo arenítico, originado na base da Formação Sedimentar Serra Grande (formada por arenitos de grão fino e cor branco-rosado e conglomerados Siluro-Devonianos), tem cerca de 66 metros de comprimento por 13 de largura e está localizado a uma altitude de 506 metros na zona dos entalhes interiores por trás da *cuesta*. Trata-se de um vale no maciço sedimentar que resguarda os abrigos sob o arenito que foram escavados pela erosão fluvial.

Formado pela erosão diferencial, num processo de desagregação e acumulação, o abrigo teve suas paredes escavadas pela circulação das águas do rio que beirava o antigo paredão sedimentar erodindo a parte interior da formação, constituída por arenitos finos e médios, ao passo que o teto evoluía a partir do desabamento de blocos descamados das paredes. (Fig. 7)

Os sedimentos são resultantes do intemperismo físico e químico dos arenitos e conglomerados do Grupo Serra Grande, que posteriormente foram transportados por processos gravitacionais por fluxo de detritos.

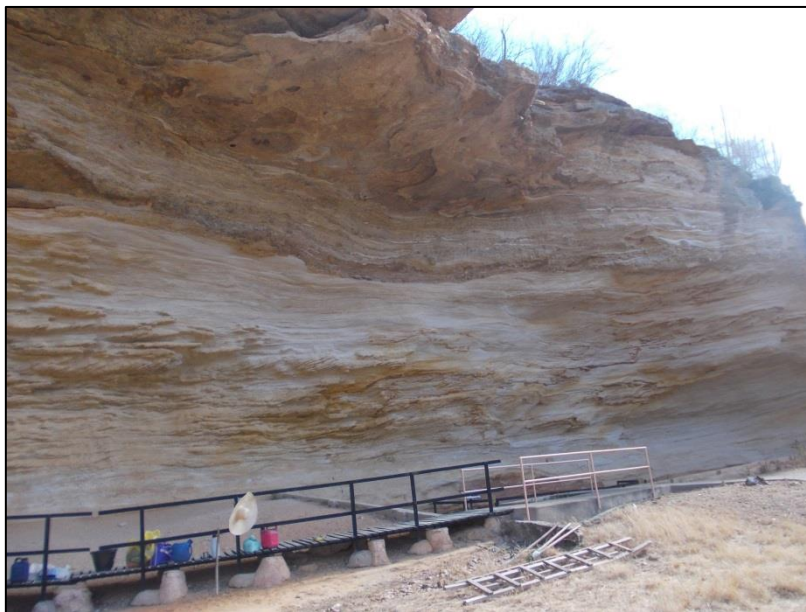


Figura 7 – Foto do abrigo arenítico do Perna I, detalhe do descamamento das paredes (arquivo pessoal).

Possui grande relevância na arqueologia do PNSC, com datação de 9540 ± 170 anos AP obtida através de sondagem realizada em 1980 (MELO, 1994). Com um total de 13 774 peças líticas coletadas ao longo de todas as campanhas. Os vestígios que mais caracterizam o sítio são os painéis de pintura rupestre, já que se identifica pelo menos dois momentos distintos na atividade pictural registradas pelas populações pré-históricas. Um destes momentos, de acordo com Melo (2007), é muito importante para a cronologia das pinturas rupestres no Brasil, uma vez que foi encoberto por níveis arqueológicos bem datados (carvões provenientes de uma fogueira, datados em $10\,530 \pm 110$ anos AP). Próximo às estruturas de fogueiras foi evidenciado, resto de pigmentos de tinta e grande quantidade de material lítico, como lascas retocadas, raspadores, furadores, pontas e uma única ponta de projétil de quartzo, junto a ossos de animais (tatu, mocó, preá, veado). Neste sítio estão representadas as fases Serra Talhada (10530-6000) e Agreste (6000 a 3800).

A partir da observação do que sobrou do antigo córtex da parede do abrigo, pode-se deduzir, segundo Silva (2008), que as mesmas estiveram completamente cobertas de grafismos, mas foram destruídos pela erosão, precipitação de minerais e outros agentes intempéricos que agiram na superfície da rocha.

As pinturas são divididas em dois setores, de acordo com Silva (2008), sendo que o setor I apresenta uma mancha gráfica contínua de 31 metros de extensão (Fig. 8), visível antes da escavação, composto por pinturas com altura máxima de 310 e mínima de 96 centímetros e com uma grande densidade pictórica, contendo grafismos identificados como antropomorfos, zoomorfos e fitomorfos, enquanto o setor II se caracteriza pela continuação dessa mancha outrora encoberta por sedimentos com pinturas de pequenas dimensões, aproximadamente 5 centímetros.



Figura 8 – Foto de parte da mancha gráfica do Perna I, com sobreposições de Tradições (arquivo pessoal)

3.2. Toca da Ema do Sítio do Brás I (Ema I)

O abrigo sob rocha arenítica heterogênea encontra-se a meia altura, na encosta de um vale que entalha a *cuesta*, pertencente a Formação Ipu da supersequência siluriana Grupo Serra Grande. Constitui-se de um paredão de arenito com intercalações de siltitos, estratificação cruzada planar e acanalada, estruturas com marcas de ondas e sísmicas, submetidas a processos de erosão alveolar e formação de “marmitas” escavadas pela erosão fluvial resultante da circulação da corrente (BARROS *et al.* 2012).

Na descida para o vale, encontram-se blocos de diversas dimensões, resultantes da degradação da encosta pela ação erosiva. Apresenta em suas paredes um forte índice de degradação em razão de queimadas ocorridas no vale por parte dos colonos que ocuparam a região por volta do fim do século XVIII, segundo La Salvia (2006).

Com uma orientação E-W, o sítio tem uma extensão de 99.50 metros, onde aparecem pinturas nos primeiros 85.50 metros, possui solo irregular apresentando encosta de declive bem acentuado e situa-se a cerca de 80 m do nível do vale, permitindo uma panorâmica do mesmo. (Fig. 9)



Figura 9 – Foto do vale em frente ao Ema I, onde se localizam os pedimentos (arquivo pessoal)

De acordo com Sianto (2009), as escavações revelaram sedimento argilo-arenoso, em marmitas de erosão, diferente do encontrado nas camadas arqueológicas, indicando que o regime tropical húmido perdurou até aproximadamente 8000 anos AP, razão pela qual a megafauna sobreviveu na região até 6000 anos AP. Na decapagem 1, foram encontrados blocos com pinturas, semienterrados e desprendidos da parede que caíram sobre uma fogueira, fornecendo idade calibrada de 9290 a 9000, essa é portanto, a idade mínima para as pinturas se considerarmos que as pinturas foram feitas no momento em que os blocos se desprenderam.

Ficou evidente que, somente após cerca de 8.000 anos BP, as chuvas diminuíram e a torrente que passava pelo abrigo foi desviada, possibilitando a deposição dos vestígios arqueológicos e dos sedimentos que os cobriam (GUIDON *et al.* 2009).

Os vestígios de atividade humana revelados pelas escavações são compostos de fogueiras, cerâmica, líticos, pinturas, restos de microfauna e sementes carbonizadas datadas de 10 170 a 9580 anos AP.

La Salvia (2006), ainda afirma que o solo do setor 2 da escavação realizada em 2000 estava repleto de blocos desprendidos do teto do abrigo, sendo que em toda a frente, sob a linha de chuva, há uma faixa contínua de grandes blocos caídos.

As pinturas estão distribuídas em todo o sítio observando-se uma preferência pelos nichos da parede (alguns foram aproveitados como limites do espaço pictural) (Fig.10) e apresenta imagens tanto da tradição Nordeste como da tradição Agreste. A percentagem das pinturas afetadas pela degradação é de 30% (FUMDHAM, 2008). Observam-se algumas rachaduras estruturais e alguns recobrimentos de sais minerais de cor branca sobre as pinturas o que diminui a sua visibilidade. (Fig. 11)

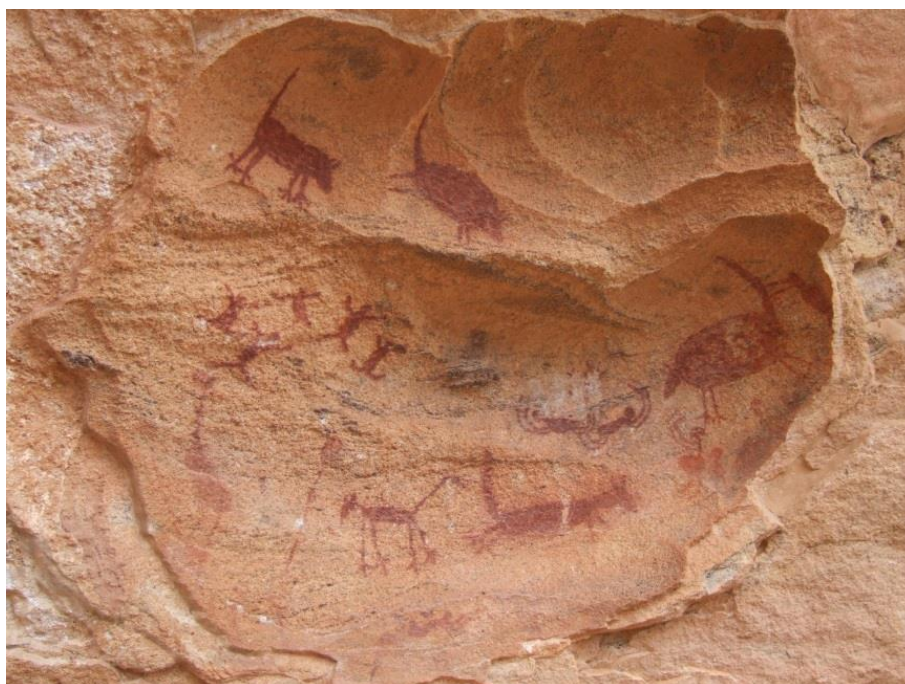


Figura 10 – Foto apresentando o aproveitamento do espaço pictural (arquivo pessoal)

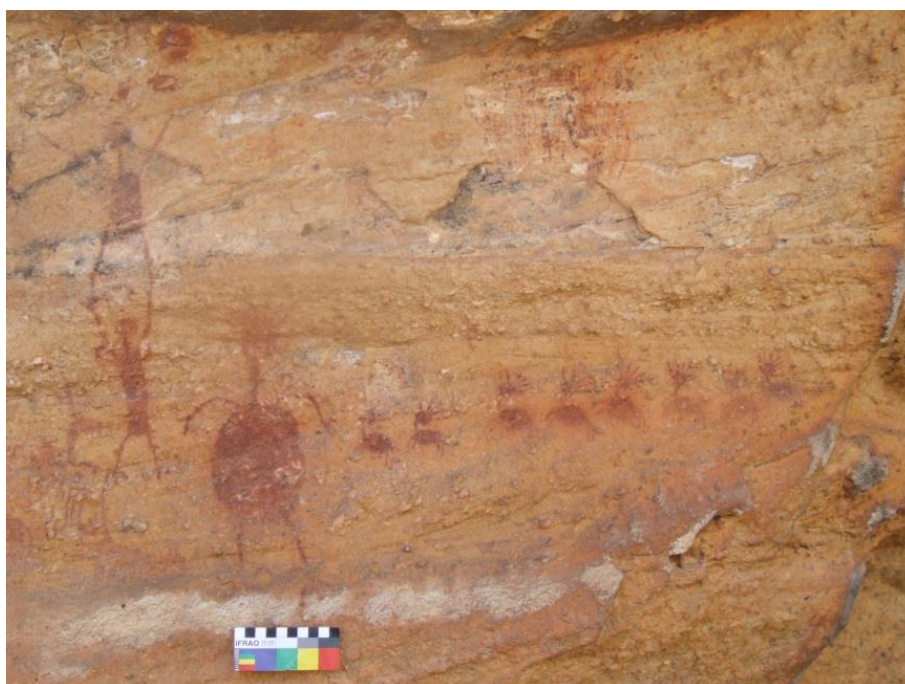


Figura 11 - Rachaduras estruturais e alguns recobrimentos de sais minerais de cor branca (arquivo pessoal)

4. Problemática

O objetivo da micropedologia ou micromorfologia, segundo Stoops (2010) é contribuir para a solução de problemas relacionados à gênese, classificação e gestão dos solos, incluindo a caracterização do solo na paleopedologia e na arqueologia. A interpretação das características observadas em secções finas (lâminas delgadas), é a mais importante parte deste tipo de investigação, com base numa análise objetiva detalhada e na descrição.

Stoops (2010), ressalta ainda que as tentativas de compreender a gênese do solo pelo estudo de lâminas delgadas já foram feitas no início do século 20 por Delage e Lagatu (1904) e Agafonoff (1929, 1935/1936), mas foi somente após a publicação do livro “Micropedology” (Kubiëna, 1938) que tais estudos tiveram seu real início. O uso da micromorfologia foi promovido ainda mais por livros posteriores de Kubiëna (1948, 1953) relacionados a gênese dos solos e sua classificação.

No decorrer dos anos seguintes muito progresso foi feito nos métodos de descrição das lâminas delgadas (BULLOCK *et al.* 1985). A interpretação de características micromorfológicas de diversos materiais de solo e regolito avançou bastante, mas uma visão geral desses resultados ainda não foi compilada (STOOPS, 2010).

A utilização de uma terminologia padronizada e uniforme é muito importante. O sistema influente de Brewer (1964) ainda está em uso por alguns autores, mas a terminologia mais amplamente aceite atualmente (BULLOCK *et al.* 1985; STOOPS, 2003) é a recomendada.

As descrições detalhadas dos componentes principais de uma lâmina, em conjunto com as interpretações inferidas, tornam possível a utilização dos dados para comparação ou para a construção de um banco de dados. Em contra partida, se apenas as interpretações forem feitas os resultados poderão ser somente utilizados no estudo do sítio na qual as amostras foram coletadas.

A interpretação de características micromorfológicas foi baseada essencialmente na comparação entre as observações de uma lâmina, características macromorfológicas

e dados de laboratório. A hipótese mais provável é então aceite, e em muitos casos gradualmente considerada como um fato provado, ao invés de uma suposição.

Em muitos casos, a ocorrência combinada de características, ou a ausência de uma determinada característica, é mais diagnóstica do que a presença de características individuais (STOOPS, 2010).

Mudanças climáticas durante o Quaternário, ainda seguindo o proposto por Stoops (2010), caracterizados por uma alternância de períodos frios e períodos mais quentes, já foram registradas por mudanças de tecido em solos ou sedimentos. Os métodos micromorfológicos têm sido aplicados, especialmente no estudo de solos da Eurásia e da América Norte, para observar marcas de antigos períodos frios, tais como características de congelamento e descongelamento. As alterações no clima e vegetação também resultam na formação de sedimentos superficiais, como camadas coluvionares e solifluxão e que já foram estudados com técnicas micromorfológicas.

No que diz respeito à depósitos coluviais e perdas de solo, de acordo com Múcher *et al.* (2010), a identificação dos tipos de depósitos de encosta é importante na geomorfologia, geologia e paleopedologia. A inclinação dos depósitos reflete não só na litologia, mas também no histórico geológico ou pedológico da área de origem pelo tipo de fragmentos de rocha transportado e pelas feições pedológicas presentes. Vários processos estão geralmente envolvidos no desenvolvimento de um determinado depósito de encosta, refletindo diferentes condições ambientais no tempo e no espaço.

Depósitos de encosta são sedimentos encontrados em encostas ou na base delas, e resultam em dois grupos principais de processos: (a) erosão laminar, também conhecida como erosão em lençol, caracterizada por um fluxo superficial não concentrado, que retira finas camadas de solo uniformemente e (b) perda de massa. Os depósitos formados pelo primeiro grupo são referidos como depósitos coluviais.

Na ausência de indicadores macroscópicas, de material transportado ou deslocado de encostas, ainda podem ser reconhecidos por um número de características micromorfológicas. Contudo, diferentes processos de vertente podem gerar microfácies semelhantes e, por conseguinte, é necessário a utilização de critérios macroscópicos, microscópicos e granulométricos para um diagnóstico confiável dos sedimentos estudados (BERTRAN & TEXIER, 1999 *apud* MÜCHER *et al.* 2010, p. 37). Além

disso, os processos pós-deposicionais podem alterar profundamente microestruturas originais e, assim, complicar seriamente a análise dos depósitos.

A micromorfologia dos solos é uma ferramenta confiável para caracterizar e distinguir solos *in situ* de materiais transportados e materiais afectados por processos pós-deposicionais, fornecendo, portanto, informações relevantes para a reconstrução das condições paleoclimáticas.

A primeira questão que se coloca quando se estuda material pedológico em encostas é se o material é *in situ* ou translocado. Uma série de características macroscópicas pode ser útil para estabelecer a presença deste material, tais como estratificação, repetições da mesma sequência de horizontes do solo que se sobrepõem uns aos outros e veios de pedra.

Na ausência destas características, o material deslocado ou translocado pode ainda ser reconhecido pela presença de certas características micromorfológicas que são ausentes em materiais *in situ*, como por exemplo fragmentos de feições pedológicas (cutãs, crostas), nódulos ferruginosos com fronteiras nítidas, fragmentos de raízes orientadas horizontalmente, agregados arredondados compostos de material proveniente de outros horizontes, materiais antropogênicos, fragmentos de rocha nitidamente delimitados e em sua maioria subarredondados. No entanto, segundo Múcher *et al.* (2010), a presença de apenas uma das características acima mencionadas, frequentemente, não é suficiente para indicar a translocação.

Originalmente, a micromorfologia do solo foi utilizada para estudar solos modernos. Duas vertentes importantes da investigação têm evoluído. A primeira é a investigação de paleosolos com o intuito de estudar o desenvolvimento de paisagens regionais e as mudanças climáticas. A outra é o estudo de paleosolos do Holoceno focando tanto em interpretações locais quanto regionais da influência humana sobre apedogénese (MACPHAIL & GOLDBERG, 1995 *apud* SAGEIDET, 2000, p. 22).

A análise micromorfológica é hoje o método mais confiável para identificar e compreender os processos envolvidos na formação do solo. Tanto os processos produzidos pela natureza, quanto os induzidos por impacto humano.

Tendo em vista a bibliografia consultada sobre os sítios arqueológicos **Toca do Baixão do Perna I (Perna I)** e **Toca da Ema do Sítio do Brás I (Ema I)**, assim como da geologia e geomorfologia do **PNSC** e seu entorno, levando em consideração todas as suas características físicas e ambientais, bem como o arcabouço teórico relacionado à Micromorfologia de solos expostos neste capítulo, propõe-se aqui os objetivos gerais e específicos do presente trabalho:

Objetivos gerais:

- Identificar os principais processos e fases ligadas à gênese dos depósitos sedimentares relacionados às rochas suporte dos abrigos dos dois sítios arqueológicos, por meio de análise microscópica das amostras de solo indeformadas (Micromorfologia) coletadas em ambos os sítios, identificando e descrevendo os constituintes mais relevantes para tal, bem como a posterior interpretação dos mesmos para poder hierarquizá-los e correlacioná-los;
- Comparar os constituintes das rochas suporte dos abrigos analisados microscopicamente através de lâminas petrográficas, com os constituintes da micromorfologia dos solos, com o intuito de poder identificar a proveniência dos sedimentos, assim como as alterações pós-deposicionais ocorridas;

Objetivos específicos:

- Identificar as diferenças e semelhanças entre as lâminas;
- Correlacionar os dados granulométricos com a micromorfologia, a fim de perceber se a metodologia utilizada é funcional;
- Tentar identificar as mudanças climáticas ocorridas durante a formação dos depósitos;
- Utilização dos dados para comparação e/ou para a construção de um banco de dados, de forma a contribuir para a descrição de depósitos semelhantes;

5. Materiais e Métodos

5.1. Sondagens

Próximo aos sítios supracitados foram feitas sondagens com profundidade máximas e suficientes para observação, compreensão e descrição da coluna estratigráfica, de forma a permitir a coleta de amostras de solo não perturbado, para fins de análise micromorfológica, assim como de sedimentos não consolidados para granulometria. Neste caso as sondagens foram feitas seguindo o proposto por Castro (2008), onde a escolha do local acompanha uma lógica, para que a investigação possa responder às questões abordadas, uma vez que o plano de amostragem deriva das observações em campo. (Fig. 12)

As metodologias usadas nas sondagens foram as mesmas em ambos os sítios, com área escavada de 2m² e decapagens de 10 em 10 centímetros, respeitando as camadas seguintes e coletando amostras de sedimento em quatro pontos de cada decapagem, de forma a obter amostras mais representativas do solo para fins granulométricos.

No **Perna I** a sondagem foi feita cerca de 10 metros a frente do abrigo, com as coordenadas WGS 84 (42°36'46,52"W; 8°50'31,45"S) e com até os 300 centímetros de profundidade, correspondendo à área central do estreito vale e de maior deposição.

No **Ema I**, a sondagem foi feita a aproximadamente 50 metros do abrigo e com um desnível de cerca de 15 metros do mesmo, coordenadas WGS 84 (42°35'15,156"W; 8°51'36,094"S), profundidade de 300 centímetros, corresponde ao pedimento, zona de maior deposição em relação ao abrigo.

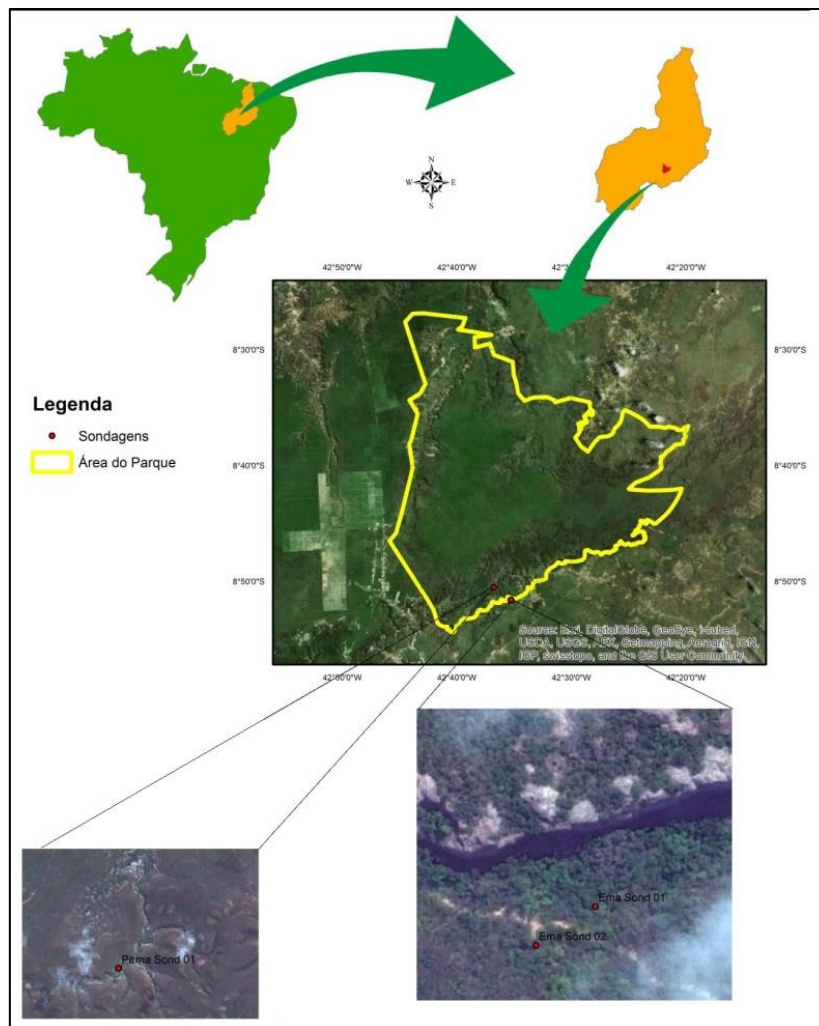


Figura 12 – Local das duas sondagens Perna I e Ema I (extraído de CAMPOS, 2015)

5.2. Amostragem, impregnação, equipamentos e preparação das lâminas de solo não perturbado

5.2.1. Amostragem, coleta e manuseio

O princípio básico de trabalho da micromorfologia, de acordo com Courty *et al.* (1989), é estudar amostras orientadas indeformadas, consequentemente o objetivo principal na amostragem é preservar a organização original e a integridade do material a ser estudado.

O método originalmente proposto por Kubiena (1938), citado por Castro (2008), utiliza caixas metálicas com o fundo e a tampa removíveis, denominadas como (Caixas de Kubiena), todavia, a adoção de outros métodos de recolha podem ser utilizados, uma vez que a embalagem deve impedir que a amostra sofra qualquer tipo de perturbação.

Uma vez determinados os locais de interesse dos perfis (horizonte, transição e feição pedológica), selecionou-se nas paredes as áreas a serem amostradas (superfícies previamente limpas e relativamente planas), em dimensões um pouco maiores que as caixas de coleta. Em seguida as faces do bloco foram cuidadosamente esculpidas com uma faca, aprofundando lentamente, até a acomodação completa, para que o desprendimento ocorra. A orientação, número da amostra, profundidade e nome do sítio foram imediatamente apontados nas caixas após cada desprendimento. Para uma melhor acomodação e transporte foi utilizado algodão nos vazios das caixas. Os materiais a serem empregados e as técnicas de coleta de solos variam de acordo com o tipo de solo a ser amostrado. (Fig. 13a, b)



Figura 13 – a) Recolha de amostra para micromorfologia; b) acomodação da amostra em caixa de coleta. (arquivo pessoal)

Não há um critério absoluto para definir a amostragem, e por isso é sempre desejável ter em mente que materiais de solos ocorrem em heterogeneidade e em descontinuidade, desta forma foram escolhidos os seguintes critérios: coleta em horizontes específicos, quando bem significativos ou extensos; nas transições entre horizontes; pontos representativos (nódulos, concreções, concentração de carvão, entre outros).

Neste sentido, as 5 amostras indeformadas de solo coletadas na sondagem do **Perna I** correspondem às profundidades de 15 centímetros, 50 centímetros, 90 centímetros, 150 centímetros e 220 centímetros, ao passo que as 3 amostras coletadas do **Ema I** correspondem às profundidades de 25 centímetros, 100 centímetros e 270 centímetros.

5.2.2. Impregnação

No que se refere à preparação das amostras, o primeiro passo a ser seguido é a secagem das amostras. Para tanto, foram colocadas em estufa com temperatura média de 45°C com a porta aberta. Uma vez que as amostras são provenientes do semiárido brasileiro e que na época das coletas a precipitação não ocorria a cerca de 3 anos, o tempo de secagem não ultrapassou 2 dias.

Após a secagem as amostras foram acomodadas em 2 caixas de plástico com a capacidade de 7 litros cada. Um esquema de referência foi feito previamente para que a localização das amostras fosse possível após a impregnação, uma vez que não mais estavam dentro das caixas de coleta com as indicações de orientação, número da amostra, profundidade e nome do sítio.

Para a confecção das lâminas é necessário que o material friável seja suficientemente endurecido para poder ser cortado e polido. Tal condição pode ser obtida mediante a impregnação das amostras com resinas plásticas não expansíveis de poliéster, epóxi, ou vernizes. (CASTRO, 2008)

As proporções entre os ingredientes necessários para a impregnação em cada caixa foram as seguintes:

- Duas partes de resina de poliéster não acelerada (4,5 litros) para uma parte de monômero de estireno (2,25 litros), totalizando 6,75 litros;
- 12 ml de catalisador Peroxol (peróxido metil-etil-cetona);
- 2 gotas de acelerador de cobalto a 6%

Os ingredientes foram adicionados um a um em recipiente próprio na ordem supracitada e misturados lentamente com um bastão de vidro até o todo alcançar uma cor amarelada. Foram utilizados os equipamentos de segurança necessários como máscara de gás, óculos de segurança, avental e luvas resistentes às resinas, uma vez que tais produtos são altamente tóxicos.

Não havendo mais bolhas de ar, a mistura foi vertida lentamente para as caixas, sem que pingassem diretamente sobre as amostras, até cobrir por completo as mesmas. A seguir as caixas foram colocadas em uma estufa a vácuo (Fig. 14) para facilitar a

ascensão da resina por capilaridade nas amostras. As amostras permaneceram na estufa durante 20 dias.



Figura 14 – Estufa a vácuo onde as amostras permaneceram para ascensão da resina (arquivo pessoal)

5.2.3. Preparação das lâminas

A observação usando um microscópio óptico, de uma rocha ou solo impregnados por resina só é possível se os elementos constituintes forem de uma espessura suficientemente pequena para permitir a transmissão do fluxo luminoso do microscópio. Esta espessura também condiciona os matizes que possibilitam a identificação de anisotrópicos minerais e deve ser constante ao longo de toda a superfície da lâmina. A espessura padrão é de 25 μ m (quartzo branco-cinza). Finalmente, a nitidez e brilho da imagem do microscópio estão intimamente relacionados a qualidade especular das duas faces da lâmina. (GUILLRÉ, 1983, p. 2, tradução nossa)

Levando em consideração a fragilidade das amostras laminadas, deve-se proteger a face posterior com uma lâmina de vidro (lâmina de microscópio) mais resistente para facilitar o manuseio e torná-lo um suporte rígido e transparente. É também geralmente necessário proteger a face livre da amostra por uma segunda placa de vidro, mais fino, chamado "lamínulas" ou "cobertura de vidro". Estes diferentes elementos em conjunto constituem, em última análise, a lâmina delgada propriamente dita.

A cadeia operatória para a fabricação de uma lâmina delgada (Fig. 15, 16, 17), segundo Guilloré (1983), é de comprimento variável, dependendo do equipamento disponível e/ou do método utilizado, entretanto, as dimensões adotadas para este trabalho foram de tamanho médio (70 x 130 mm). Independente da metodologia aplicada cinco elos principais estão sempre em ordem cronológica:

- 1) Corte laminar (plaqueta) verticalmente orientado da amostra até atingir 5 mm de espessura;
- 2) Aplanar uma face da plaqueta, utilizando serra diamantada;
- 3) Colagem da superfície aplanada em uma lâmina de microscópio;
- 4) Desbastamento e polimento das plaquetas até atingirem espessura de $\pm 30\mu\text{m}$ (neste estágio é necessário que o avanço seja feito com cautela, máximo de $1\mu\text{m}$ por vez;
- 5) Colagem da lamínula.



Figura 15 – a) Corte laminar de plaqueta; b) Plaquetas com face aplanada (arquivo pessoal)



Figura 16 – a) lâmina de microscópio utilizada para colagem de plaqueta; b) desbastamento e polimento de plaqueta até atingir cerca de $30\mu\text{m}$ de espessura. (arquivo pessoal)

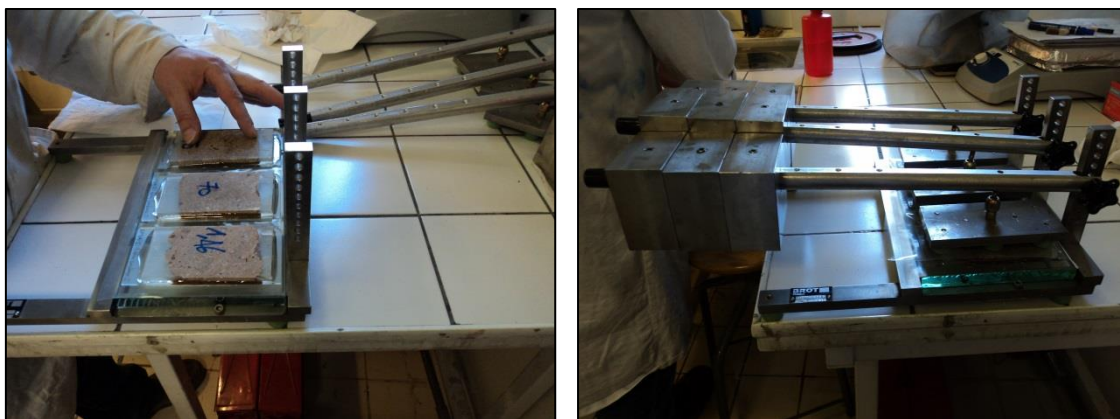


Figura 17 – a) Colagem de plaquetas em lâminas de microscópio; b) Colagem de lamínulas nas plaquetas após desbastamento. (arquivo pessoal)

5.2.4. Critérios para a descrição micromorfológica

A descrição micromorfológica, aqui elaborada, está fundamentada na metodologia sugerida por Bullock *et al.* (1985), em “Handbook for Soil Thin Section Description”, onde o objetivo principal é a descrição, não interpretação. Contudo, a apresentação dos dados descritivos também será feita de acordo com exemplos propostos por Stoops (2003), em “Guidelines for Analysis and Description of Soil and Regolith Thin Sections”.

Ao se classificar e descrever micromorfológicamente uma amostra de solo, é preciso lembrar que as observações estarão ocorrendo em diferentes níveis hierárquicos de estrutura (Fig. 18), faz-se necessário, portanto, estabelecer alguns critérios, **quando possíveis e/ou pertinentes ao objetivo do estudo**, nomeadamente, Grau de Seleção, Dimensão, Frequência, Variabilidade, Cor, Contraste e Nitidez, Forma, Grau de Arredondamento, Rugosidade Superficial, Distribuição Relativa, Orientação, Textura, Microestrutura, Pedalidade, Trama, Fundo Matricial, Poros, Esqueleto, Plasma, Feições Pedológicas (Cutãs, Pedotúbulos, Glébulas, Cristalárias e finalmente, Excrementos), lembrando que nem todos os itens acima poderão estar presentes na descrição.

Se o material for pédico, deve-se partir dos agregados terciários até atingir os primários ou elementares e seus constituintes. Agregados terciários podem ser constituídos tanto de agregados secundários quanto de poros e de feições pedológicas interagregados, essas últimas podendo ser constituídas de fundo matricial e outras feições pedológicas nelas embutidas, e assim sucessivamente. Já o nível primário ou elementar se constitui do fundo matricial e de feições pedológicas intra-agregados. (CASTRO, 2008)

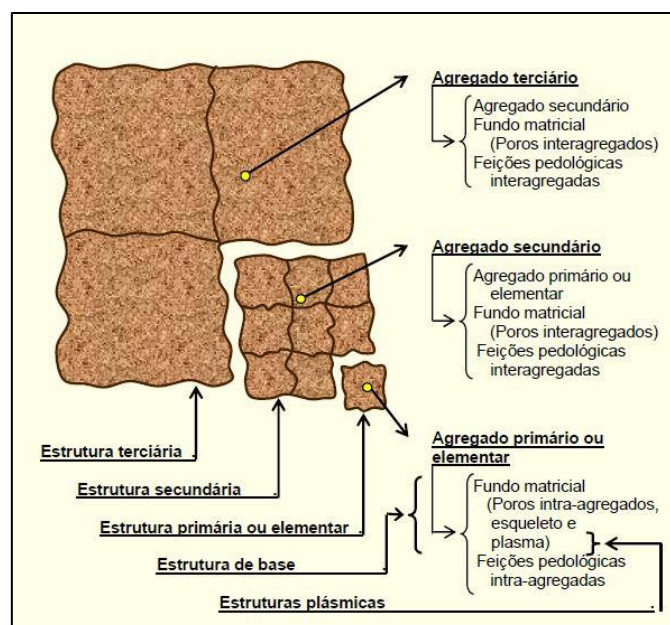


Figura 18 - Níveis hierárquicos de estrutura (extraído e adaptado de CASTRO, 2008).

De acordo com Bullock *et al.* (1985), o **grau de seleção** representa a participação relativa entre as frações presentes na amostra, a **dimensão** classifica as partículas unitárias quanto à dimensão, a **frequência** refere-se à abundância de determinada fração no campo visual observado e a **variabilidade** avalia o grau de diferenciação entre indivíduos da mesma classe. (Fig. 19)

Grau de seleção			
Classificação		Presença	
Perfeitamente selecionado		Só uma fração presente	
Bem selecionado		5 – 10 % de outras frações presentes	
Moderadamente selecionado		10 – 30 % de outras frações presentes	
Pobremente selecionado		Não há fração dominante	
Mal selecionado		Grande variedade de frações	

Dimensão		Frequência	
Classificação	Granulometria	Classificação	Ocorrência
Cascalho	20.000 – 2.000 µm	Muito dominante	> 70 %
Areia muito grossa	2.000 – 1.000 µm	Dominante	50 – 70 %
Areia grossa	1.000 – 500 µm	Comum	30 – 50 %
Areia média	500 – 200 µm	Frequente	15 – 30 %
Areia fina	200 – 100 µm	Baixa	5 – 15 %
Areia muito fina	100 – 50 µm	Muito baixa	< 5 %
Silte		50 – 2 µm	
Argila		< 2 µm	

Variabilidade	
Classificação	Características
Baixa	Diferenças fracas entre indivíduos da mesma classe.
Média	Diferenças moderadas numa característica, ou fracas em muitas características, entre indivíduos da mesma classe.
Alta	Diferenças fortes numa característica, moderadas em várias, ou fracas em muitas características, entre indivíduos da mesma classe.

Figura 19 – A figura apresenta os graus de seleção, as dimensões, a frequência e a variabilidade dos componentes de uma lâmina (extraído e adaptado de CASTRO, 2008).

A classificação do contraste e da nitidez dependerá do aumento óptico empregado e da iluminação, planar (PPL) ou polarizada (XPL).

O **contraste** é classificado consoante a sua distinção em termos de cor, arranjo, birrefringência ou outras características morfológicas, enquanto a **nitidez** se associa com a dimensão da zona de transição entre o constituinte e seu entorno. (Fig. 20)

Contraste	
Classificação	Características
Proeminente (forte)	Indivíduo claramente distinto do entorno pela cor, arranjo, birrefringência, ou outra característica morfológica.
Distinto (moderado)	Indivíduo distinto do entorno, mas com certas características morfológicas em comum.
Fraco	Indivíduo diferindo pouco do entorno pela cor, arranjo, birrefringência, ou outra característica morfológica.

Nitidez	
Classificação	Características
Nítido	Separação evidente ou abrupta entre cor e/ou distribuição.
Claro	Zona de transição menor que 60 µm entre cor e/ou distribuição.
Difuso	Zona de transição maior que 60 µm entre cor e/ou distribuição.

Figura 20 – A figura apresenta as classificações dos componentes segundo contraste e nitidez (extraído e adaptado de CASTRO, 2008).

A classificação da **forma** pode ser dividida em classes e tipos, uma vez que se deve considerar a tridimensionalidade do constituinte, todavia o campo visual em estudo se caracteriza como bidimensional, existindo a necessidade de inferência da forma volumétrica a partir da imagem em plano. (Fig. 21)

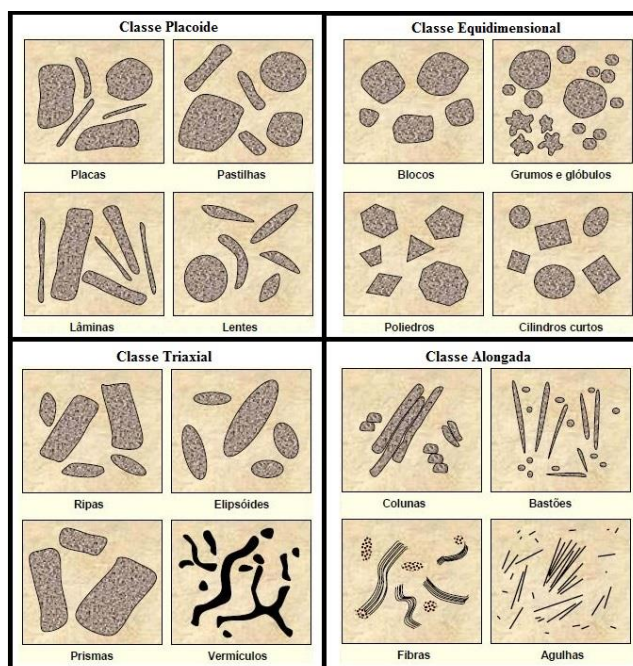


Figura 21 – Classes e tipos de formas mais comuns (extraído de CASTRO, 2008).

O **grau de arredondamento** trata da característica superficial relacionada à agudeza dos cantos, enquanto a **rugosidade superficial** remete à aspereza da superfície do constituinte. (Fig. 22)

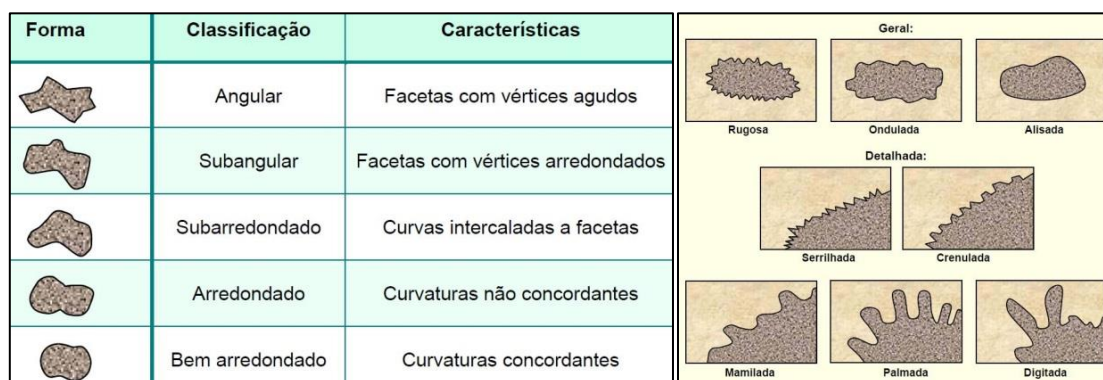


Figura 22 – a) Classificação segundo grau de arredondamento; b) Classificação segundo a rugosidade superficial. (extraído de CASTRO, 2008).

A classificação da **distribuição relativa** (posição de indivíduos semelhantes em relação a indivíduos diferentes) mais utilizada atualmente (Fig. 23) é a de Stoops & Jongerius (1975), citado por Bullock *et al.* (1985) e é a seguinte:

- Mônica: distribuição onde as partículas em geral pertencem a um só grupo de tamanho e tipo de material.
- Enáulica: distribuição onde os agregados de material fino apresentam-se dissociados do esqueleto, dispersos nos poros, mas sem preenchê-los.
- Gefúrica: distribuição onde as unidades maiores apresentam-se parcialmente ligadas entre si por pontes de material bem mais fino.
- Quitônica: distribuição onde as partículas maiores apresentam-se envolvidas por películas de material mais fino.
- Porfírica: distribuição onde as partículas maiores distribuem-se numa matriz de material bem mais fino. Pode ser: aberta, fechada, fragmentada, cavitária, etc.

Em solos com material agregado, os próprios agregados são descritos juntamente com os **poros** (Fig. 24) entre e dentro dos mesmos. Em solos com material não-agregado a **microestrutura** é descrita pelo padrão dos poros presentes. Vinte e dois tipos de microestrutura são definidos por Bullock *et al.* (1985). (Fig. 25)

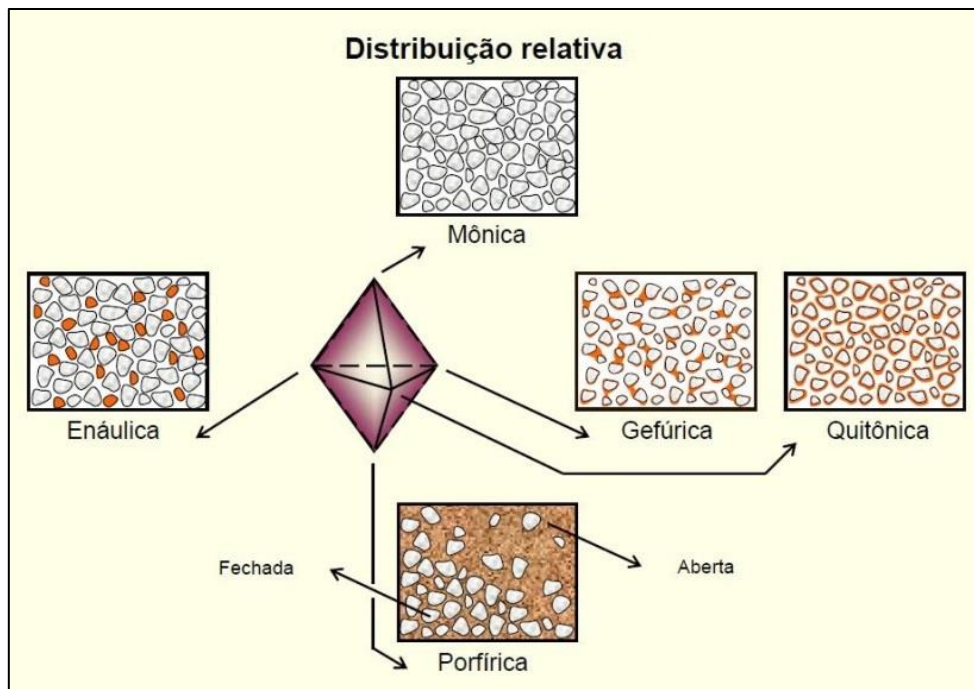


Figura 23 – Tipos de distribuição relativa (extraído de CASTRO, 2008).

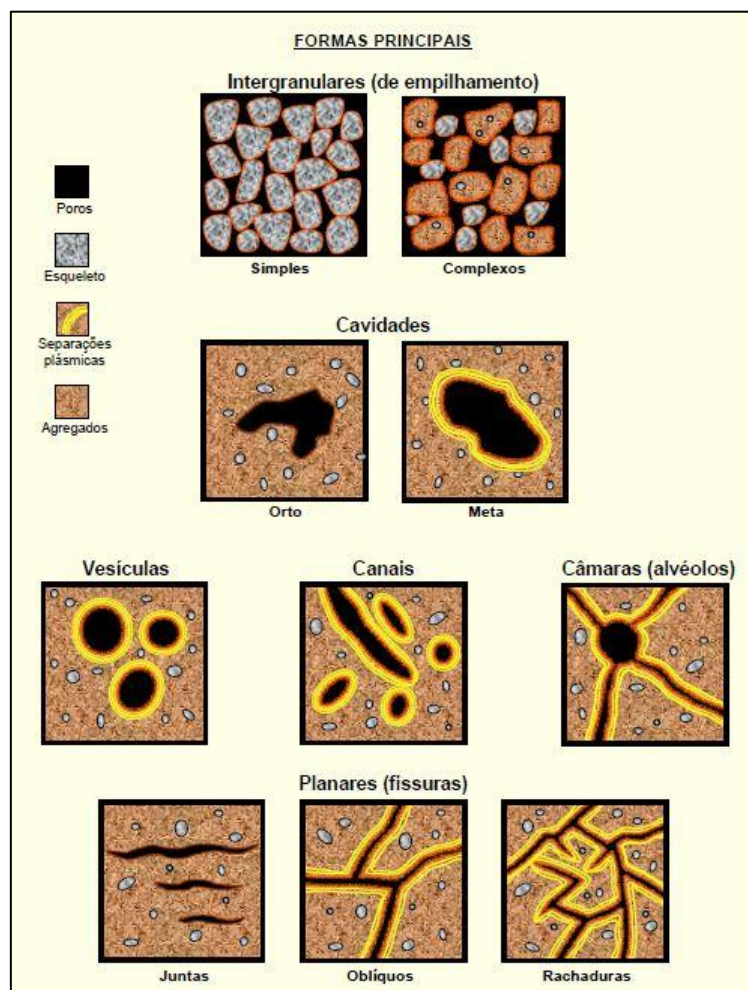


Figura 24 – Formas principais dos poros (extraído de CASTRO, 2008).

Tipos	Descrição
Grãos simples	Grãos quase inteiramente de fração areia; pouco ou nenhum material fino nos espaços intergranulares; grãos igualmente soltos ou se tocando apenas parcialmente.
Grãos com pontes	Grãos quase inteiramente de fração areia, unidos por pontes de material fino, geralmente argila.
Grãos com películas	Grãos quase inteiramente de fração areia, a maioria deles revestida por material fino.
Microagregados intergranulares	Grãos quase inteiramente de fração areia, entre os quais há microagregados de material fino.
Poros vesiculares intergranulares	Grãos quase inteiramente de fração areia; há numerosas vesículas em acréscimo aos poros dos aglomerados elementares comuns.
Canais intergranulares	Grãos quase inteiramente de fração areia, em meio aos quais há um sistema de canais, em acréscimo aos poros dos aglomerados elementares comuns.
Grãos compactos	Grãos quase inteiramente de fração areia, a maioria dos quais coligados, de modo que o padrão dos poros apresenta-se predominantemente intergranular fechado.
Cavitária	Nenhum agregado separado. Massa fragmentada por dispersão, mas com cavidades não interconectadas; canais e câmaras ocasionais.
Esponjosa	Agregados esparsos ou nenhum. Muitos poros fortemente interconectados.
Com canais	Nenhum agregado separado; os poros dominantes são canais.
Com câmaras	Nenhum agregado separado; os poros dominantes são câmaras.
Vesicular	Nenhum agregado separado; os poros dominantes são vesículas.
Grumosa	Agregados mais ou menos arredondados, com faces rugosas e não ajustadas entre si. Interior dos agregados pode ser composto de pequenos grânulos mais ou menos unidos.
Granular	Grânulos separados dentro de um pacote poroso, e não ajustados entre si (arredondados). Contêm poucos poros ou unidades menores reconhecíveis no seu interior.
Blocos subangulares	Agregados separados por poros planares nítidos, em todos ou na maioria dos lados. Cavidades e pequenos canais ocorrem freqüentemente dentro dos agregados, os quais podem conter grupos de grumos parcialmente unidos. Faces dos agregados bem acomodadas.
Blocos angulares	Agregados separados por poucos poros, compondo um intrincado sistema de fendas e fissuras; possuem arestas angulares normalmente acomodadas entre si.
Laminar	Pilhas de agregados em geral alongadas horizontalmente e separadas por poros planares. Poros interiores irregulares.
Prismática	(Vista apenas em seções delgadas "mamute"). O material sólido é dividido em prismas separados por poros planares verticalmente alinhados. Faces dos prismas acomodadas entre si.
Fissurada	Poucos agregados que, quando presentes, são completamente separados; poros planares muito interconectados.
Fendida	Agregados não completamente separados. Material denso, exceto pela presença de poucos poros planares e canais ocasionais.
Madiça	Agregados não separados e poucos poros que, quando presentes, são bem visíveis.
Complexa	Mistura de dois ou mais tipos de estrutura. Temos combinados podem ser usados para caracterizá-la.

Figura 25 – Tipos principais de microestrutura (extraído de CASTRO, 2008).

As **feições pedológicas** são separadas em 6 gêneros, segundo Bullock *et al.* (1985) (Fig. 26):

- Texturais: concentração de fração granulométrica, como por exemplo capeamento de silte sobre grãos;
- De depleção: associadas com a perda de compostos químicos com relação a zonas adjacentes, como perda ao redor de poros ou pequeno córtex de alteração;
- Cristalinas: compostas por cristais, sendo deduzido a partir de suas propriedades ópticas;
- Amorfas ou criptocristalinas: são isotrópicas sob nicóis cruzados (XPL), exceto para inclusões de compostos orgânicos e/ou minerais birrefringentes;
- De trama: diferenciam-se do material adjacente apenas pelo padrão de trama;
- De excrementos: associadas com excrementos de animais no solo.

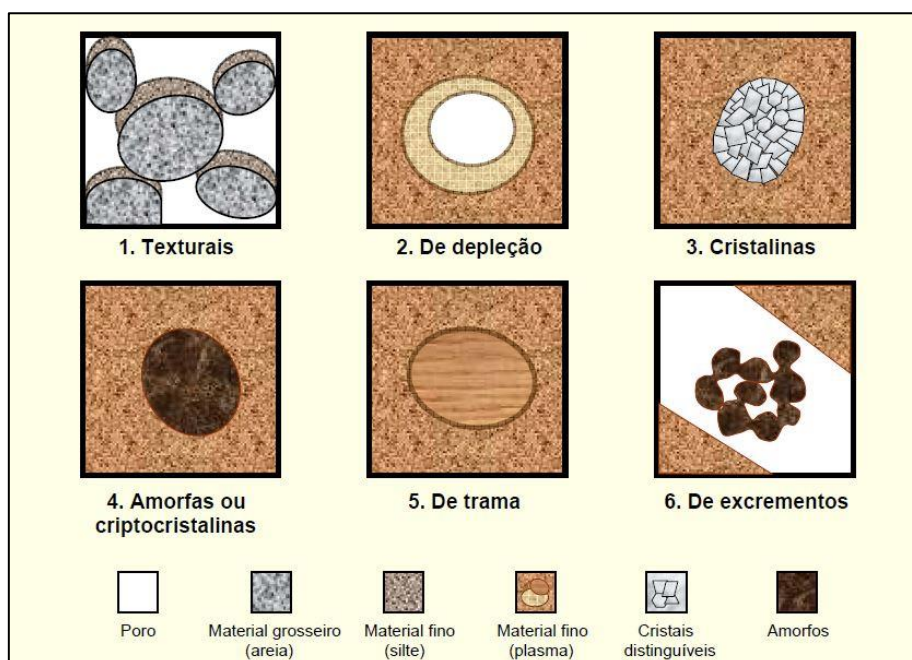


Figura 26 – Gêneros de feições pedológicas (extraído de CASTRO, 2008).

Contudo, as feições pedológicas também podem ser divididas em grupos e tipos hierarquizados em função de suas relações com as superfícies adjacentes de poros, grãos e agregados, segundo Bullock *et al.* (1985) e segundo Brewer (1964), citado por Castro (2008). Na descrição aqui detalhada foram utilizados os dois modelos. (Fig. 27)

Relações com superfícies	Grupos	Tipos	
De agregados, poros e grãos	Cutãs, hipocutãs e quasicutãs	Típicos	
		Crescentes	
		De capeamento	
		De ligação	
		Pendentes	
		Micropanes	
		Crostras	
	Preenchimentos	Densos	Completos
			Incompletos
		Soltos	Descontínuos
Não relacionadas	Cristais e crescimento intercrystalino		
	Nódulos	Típicos	
		Concêntricos	
		Nucleícos	
		Geódicos	
		Septáricos	
		Digitados	
		Disjuntivos	
		Pseudomórficos	
		Halos	
		Ameboidais	
		Compostos	
	Intercalações	Simples	
		Semiñhadas	
		Intercaladas	

Grupos	Tipos	
Cutãs	De agregados	
	De poros	Canais
		Planares
		Normais
	De grãos	Simples
		Englobados (integrados)
Subcutãs	Neocutãs	
Pedotúbulos	Quasicutãs	
	Granotúbulos	
	Agrotúbulos	
	Estriotúbulos	
Glébulas	Isotúbulos	
	Nódulos	
	Concreções	
	Pédodos	Simples
		Compostos
	Septárias	
	Halos	
	Pápulas	
Cristalárias	Tubulares	
	Cavitárias	
	Foliares	
Excrementos	Intercalares (dispersas)	

Figura 27 – a) Feições pedológicas segundo Bullock et al. (1985); b) Feições pedológicas segundo Brewer (1964). (extraído e adaptado de CASTRO, 2008).

5.3. Lâminas delgadas de rocha

A confecção das lâminas delgadas de rocha foi feita com o intuito de tentar identificar e comparar constituintes que possivelmente também estariam identificados nos depósitos/colúvios, uma vez que a provável proveniência dos mesmos nos depósitos em questão é oriunda da desagregação das próprias rochas suporte dos abrigos dos dois sítios, devido a ação da gravidade.

5.3.1. Amostragem

Os fragmentos de rocha foram coletados dos abrigos dos dois sítios estudados, totalizando 6 amostras, 3 do Perna I (rocha 08, rocha 10 e rocha 11) e 3 do Ema I (rocha 02, rocha 03 e rocha 04) (Fig. 28, 29), provenientes dos tetos dos abrigos.

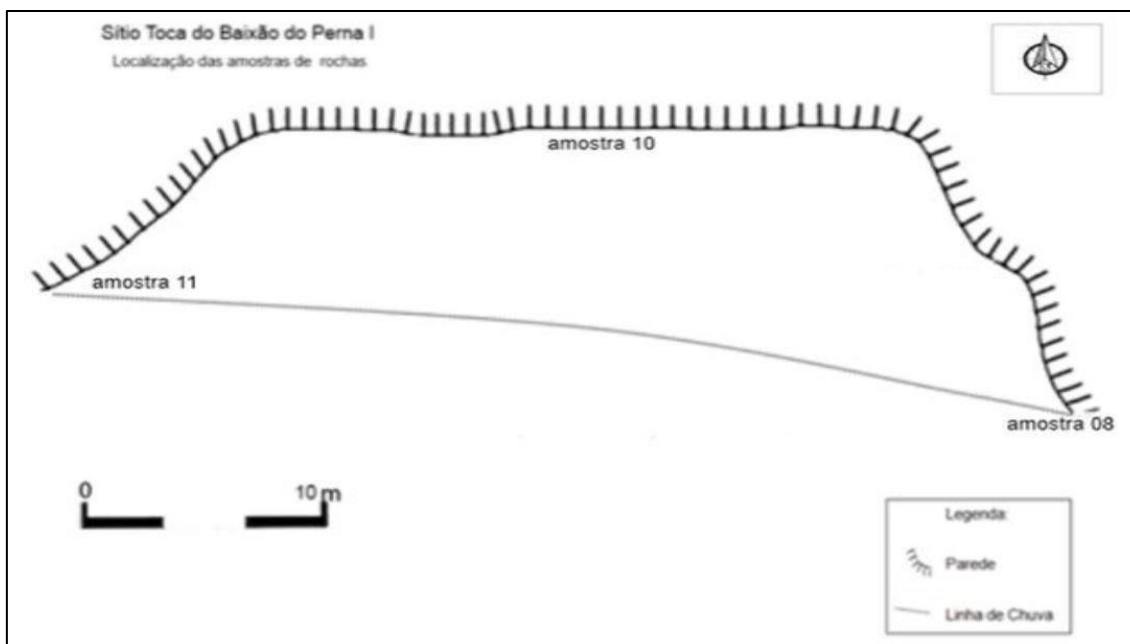


Figura 28 – Locais de coleta das amostras de rocha do abrigo do Perna I (extraído e adaptado de CAMPOS, 2015).

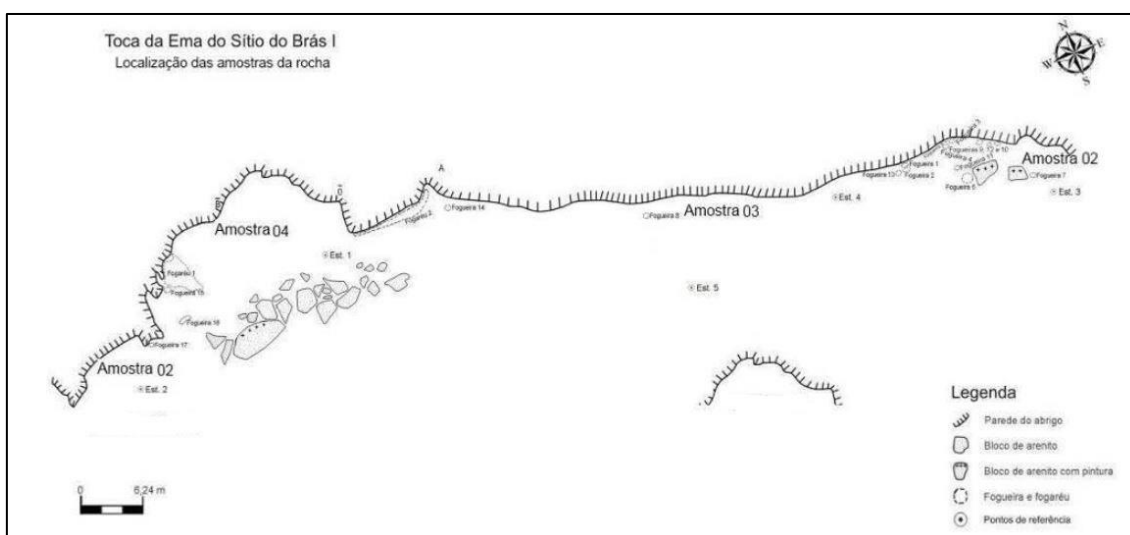


Figura 29 – Locais de coleta das amostras de rocha do abrigo do Ema I (extraído e adaptado FUMDHAM)

5.3.2. Impregnação e preparação

Para a confecção das lâminas de rocha a metodologia aplicada é praticamente a mesma da aplicada para a confecção das lâminas delgadas de solo, todavia as dimensões são reduzidas (30 x 40mm).

5.4. Granulometria

A análise das amostras de sedimento das duas sondagens foi feita através da utilização do Malvern Mastersizer 2000, analisador de dimensão de partículas. Este aparelho foi concebido para medir o tamanho de partículas ou, mais especificamente, a distribuição de frações diferentes dentro de uma amostra. (Fig. 30)

Existem muitas teorias e modelos modernos que podem ser usados para análise do tamanho de partículas. Uma das teorias mais simples é utilizada a partir do Modelo de Fraunhofer. Este modelo pode prever o padrão de dispersão que é criado quando um disco sólido, opaco de um tamanho conhecido passa através de um feixe de laser. Este modelo é satisfatório para algumas partículas mas não descreve exatamente a dispersão.

Muito poucas partículas têm a forma de disco e a maioria das partículas são transparentes. A teoria mais aceita prevê com precisão o comportamento da dispersão da luz para todos materiais, sob todas as condições e é conhecida como a teoria de Mie.

A Teoria Mie foi desenvolvida para prever a forma como a luz é dispersa pelas partículas esféricas e trata a maneira como a luz passa, ou é absorvida pela partícula. Esta teoria é mais precisa, mas faz presumir que o usuário saiba das informações específicas sobre a partícula, tal como o seu índice de refração e a sua absorção.

O ponto-chave sobre estas teorias é que, se o tamanho da partícula e outros detalhes sobre sua estrutura são conhecidos, a forma como ela irá dispersar a luz pode ser prevista com precisão. Cada tamanho de partícula terá seu próprio padrão de dispersão característica, como uma impressão digital, que é diferente de qualquer outro tamanho de partícula.

Dessa forma o Mastersizer funciona consoante as teorias acima, utilizando um banco óptico para capturar o padrão de dispersão real a partir de um campo de partículas. Em seguida calcula o tamanho das partículas que criaram tal padrão. Existem três procedimentos distintos para medir uma amostra no Mastersizer:

- 1) A amostra é preparada e dispersa para a concentração correcta e em seguida enviada para o banco óptico. A preparação da amostra é a etapa mais importante para fazer uma medição. Lembrando que se a amostra é mal preparada (não é representativa ou mal dispersa) os dados base serão

incorretos; nenhuma quantidade de análise desses dados dará uma resposta correta.

- 2) Captura do padrão de dispersão da amostra preparada, conhecida como a "medição". Esta é a função do banco óptico. O conjunto de detectores dentro do banco óptico é constituído por muitos detectores individuais. Cada detector capta a dispersão de luz a partir de uma faixa particular de ângulos.

Cada barra no histograma representa a dispersão da luz a partir de um dos detectores (conhecidas como canal). O conjunto de detectores efetua uma captura instantânea ("snapshot") do padrão de dispersão. Obviamente este "snapshot" só captura o padrão de dispersão das partículas que estão passando através do feixe analisador naquele momento específico. Apenas um "snapshot" não poderia gerar uma leitura representativa do padrão de dispersão. Para corrigir isso o Mastersizer tira muitos "snapshots" (conhecidos como "snaps") e calcula as médias dos resultados. Normalmente mais de 2000 "snaps" são feitas para cada medição, sendo que cada "snap" leva 1 microssegundo.

- 3) Uma vez que a medição está completa, os dados brutos são analisados a partir do Software Malvern, usando uma das teorias acima mencionadas. Uma vez os dados analisados, a informação pode ser exibida de vários modos (gráficos da distribuição das frações, tabelas com as percentagens volumétricas de cada fração, etc).

A análise os dados de medição não altera permanentemente os mesmos, uma vez que podem ser reanalisados utilizando métodos diferentes repetidas vezes. O software faz uma medição e então analisa os dados automaticamente.



Figura 30 - Analisador de dimensão de partículas Malvern Mastersizer 2000 (arquivo pessoal).

6. Resultados

6.1. Perna I

Da sondagem **Perna I**, como já referido anteriormente, foram coletadas amostras para micromorfologia que resultaram na confecção de 5 lâminas (Fig. 31a, b, c, d, e) As mesmas foram descritas em uma ordem que vai da base do perfil para o topo, sendo a primeira lâmina Perna I/220cm, seguida da Perna I/150cm e assim sucessivamente.

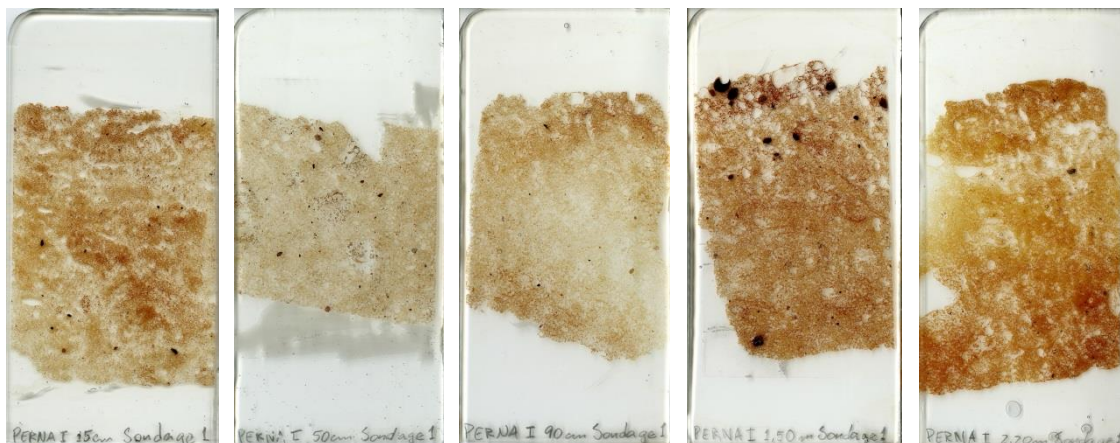


Figura 31 – a) Lâmina PernaI/15cm; b) Lâmina PernaI/50cm; c) Lâmina PernaI/90cm; d) Lâmina PernaI/150cm; e) Lâmina PernaI/220cm.

Perna I/220cm

- **Grau de seleção:** a participação relativa entre as frações presentes na amostra varia de pobremente selecionado a mal selecionado, contudo, em raras porções da seção podemos observar material moderadamente selecionado (10 – 30% de outras frações presentes). De modo geral a amostra não apresenta frações dominantes.
- **Dimensão:** os grãos raramente ultrapassam os 2mm, sendo que em sua maior parte giram em torno de 1mm a 50µm (vai de areia muito fina a muito grossa).
- **Frequência:** Quartzo muito dominante, acima de 70%.
- **Variabilidade:** apesar de existir grande variedade nas dimensões dos constituintes, a diferença entre indivíduos de mesma classe é média.
- **Contraste e nitidez:** o contraste pode ser considerado como proeminente, já que as características morfológicas e as cores podem ser claramente distintas entre os indivíduos. A nitidez, portanto, pode ser classificada como nítida de uma forma geral.
- **Forma:** a forma varia entre blocos, provavelmente mais comuns, poliedros e placas.
- **Grau de arredondamento:** pode-se considerar que grãos angulares e subangulares têm participação dominante na seção, todavia, pontualmente observa-se grãos subarredondados e arredondados.
- **Rugosidade superficial:** a maioria dos grãos possui superfície ondulada para alisada, com incidências pontuais de superfície rugosa.
- **Distribuição relativa:** em sua grande maioria Porfírica fechada, tendendo em alguns casos, para Porfírica aberta.
- **Microestrutura:** Complexa (mistura de 2 ou mais tipos de microestrutura) – Grãos com pontes – Microagregados intergranulares – Grãos com películas.
- **Poros:** os poros não excedem 10% da lâmina e podem ser identificados na mesma como intergranulares simples e complexos, vesículas (não ultrapassam 2mm), planares, cavidades e canais (raízes).
- **Feições pedológicas:** a lâmina em questão apresenta variados tipos de feições pedológicas como cutãs argilosos de iluviação associados a poros e grãos (crescentes, de capeamento, pendente, de ligação) e se constituem de argila misturada com óxidos e hidróxidos de ferro (Ferri-argilãs). Observa-se também feições pedológicas de trama, amorfas, pedotúbulos.

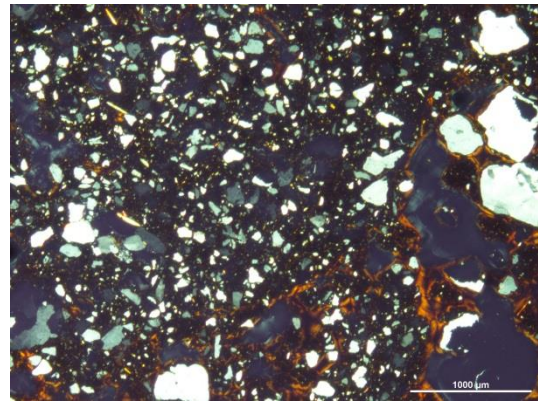
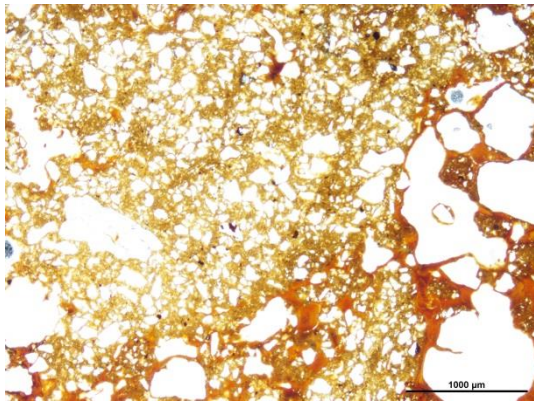


Figura 32 - a) Distribuição relativa Porfírica fechada, com ferri-argilãs na parte inferior devido a iluviação de material transportado, PPL; b) Mesma microfotografia, XPL, com ferri-argilãs com extinção nítida.

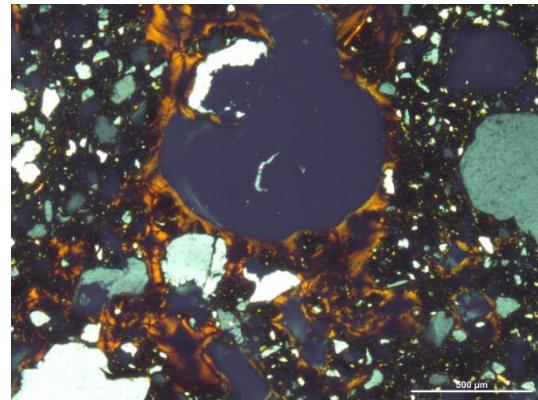
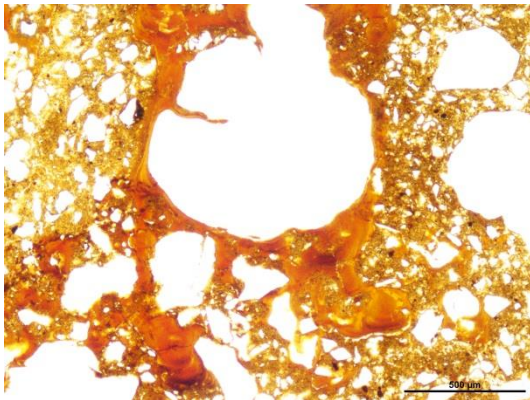


Figura 33 - a) Ferri-argilãs de canal, com segregações pós-deposicionais incipientes de Fe com pouca microlaminação, PPL; b) Mesma microfotografia, XPL, com ferri-argilãs com extinção nítida.

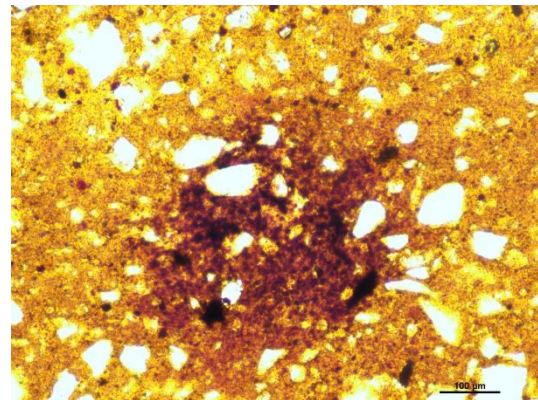
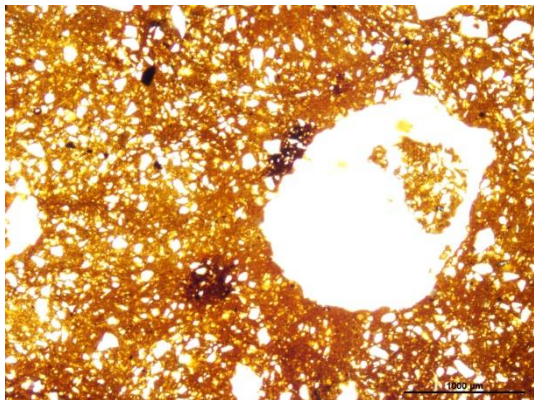


Figura 34 - a) Distribuição relativa Porfírica fechada, com pedotúbulo com preenchimento solto e descontínuo, PPL; b) Acumulação de óxidos de Fe, PPL.

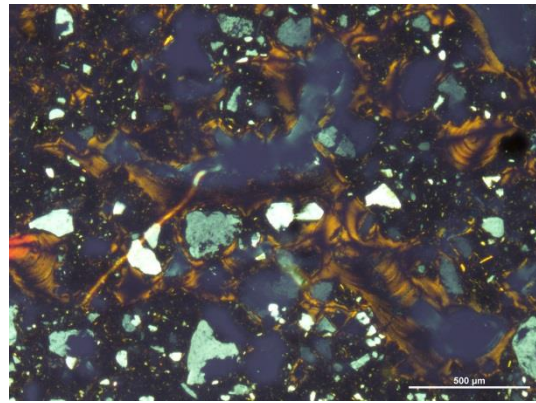
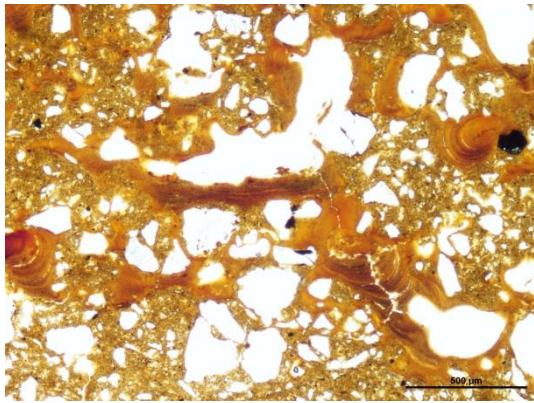


Figura 35 - a) Forte presença de ferri-argilãs de iluviação bastante microlaminadas e com microfissurações, tanto típicos, quanto crescentes, PPL; b) Mesma microfotografia, XPL, com ferri-argilãs com extinção nítida.

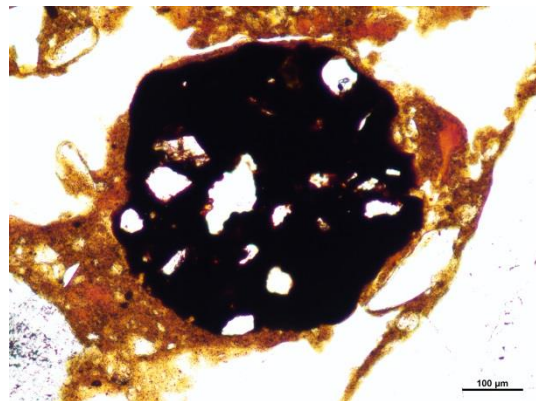
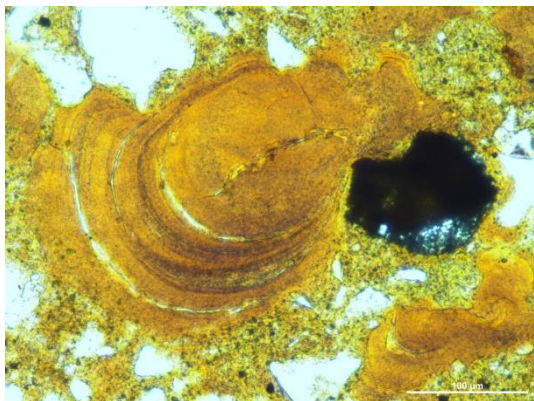


Figura 36 - a) Ferri-argilã de iluviação do tipo crescente, bastante marcado de microlaminação, com segregação pós-deposicional de material mais grosseiro e microfissuração, PPL; b) Nódulo ferruginoso típico, bem arredondado, evidenciando seu transporte, PPL.

PernaI/150cm

- **Grau de seleção:** varia de pobremente selecionado para mal selecionado.
- **Dimensão:** as dimensões variam de 1000mm - 500µm (areia grossa) até 200µm - 100 µm (areia fina).
- **Frequência:** quartzo muito dominante > 70%.
- **Variabilidade:** apesar de existir grande variedade nas dimensões dos constituintes, a diferença entre indivíduos de mesma classe é média.
- **Contraste e nitidez:** o contraste pode ser considerado como proeminente, já que as características morfológicas e as cores podem ser claramente distintas entre os indivíduos, enquanto a nitidez pode ser classificada como nítida.
- **Forma:** a forma varia entre blocos, poliedros e placas.
- **Grau de arredondamento:** grãos angulares e subangulares têm participação dominante na seção, todavia, pontualmente observa-se grãos subarredondados e arredondados.

- Rugosidade superficial: varia de ondulada a alisada, sendo que em casos específicos pode-se considerar como rugosa.
- Distribuição relativa: na maioria dos casos é Porfírica fechada, entretanto, diferentemente da lâmina descrita anteriormente, esta apresenta zonas de transição Porfiro-enáulica e Porfiro-gefúrica.
- Microestrutura: complexa (mistura de 2 ou mais tipos de microestrutura) - Grãos com pontes - Microagregados intergranulares - Grãos com películas.
- Poros: não excedem 20% da lâmina. São eles, na sua grande maioria, intergranulares simples e complexos, em poucos casos planares (fissuras), e canais.
- Feições pedológicas: presença marcante de cutãs argilosos de iluviação associados a poros e grãos dos tipos típico, crescente, de capeamento, pendente e de ligação, sendo que se constituem de argila misturada com óxidos e hidróxidos de ferro (Ferri-argilãs). Presença marcante de nódulos ferruginosos.

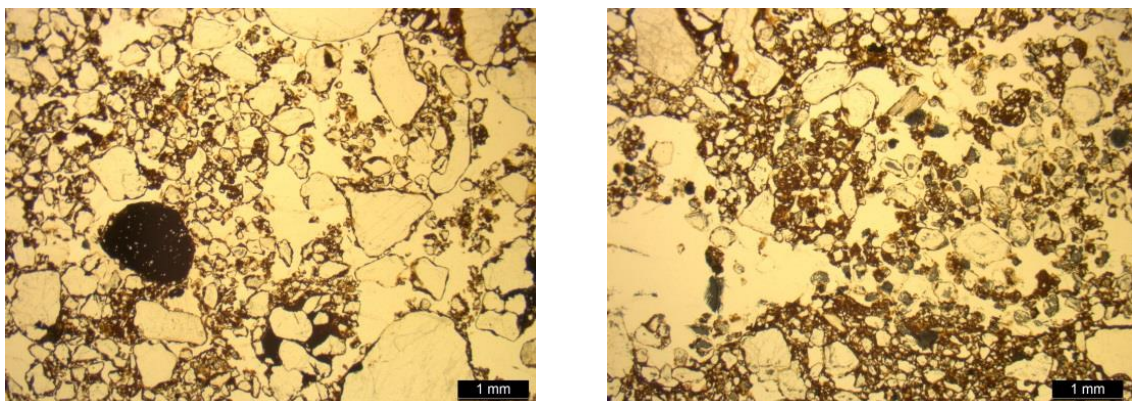


Figura 37 - a) Seção da lâmina com distribuição relativa Enáulica. Presença de nódulo ferruginoso, PPL; b) Seção da lâmina com distribuição Enáulica.

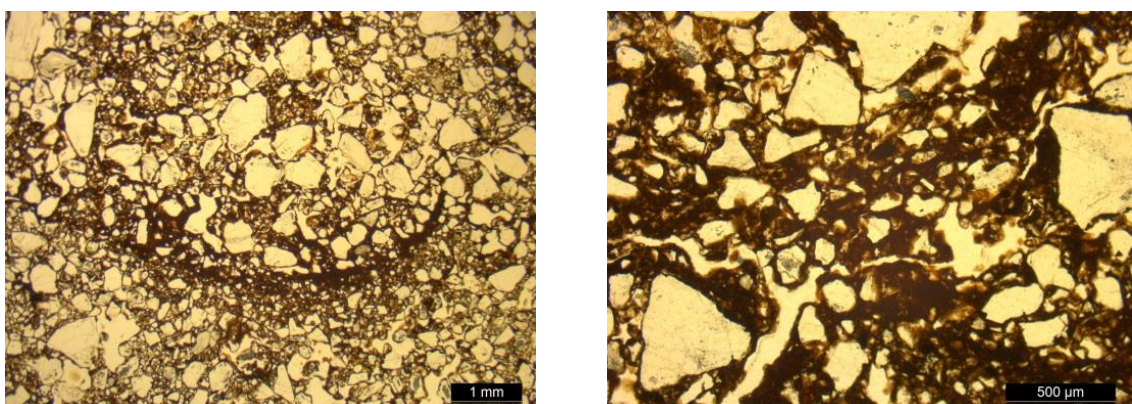


Figura 38 - a) Seção com distribuição relativa porfírica e com ferrãs de ligação, PPL; b) Ferrãs, PPL.

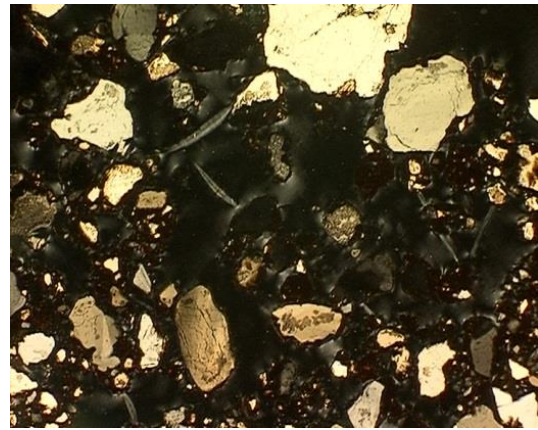
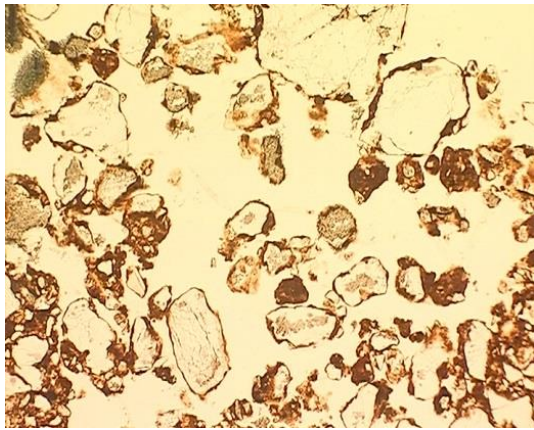


Figura 39 - a) Seção com distribuição relativa Enáulica; b) Mesma microfotografia, XPL.

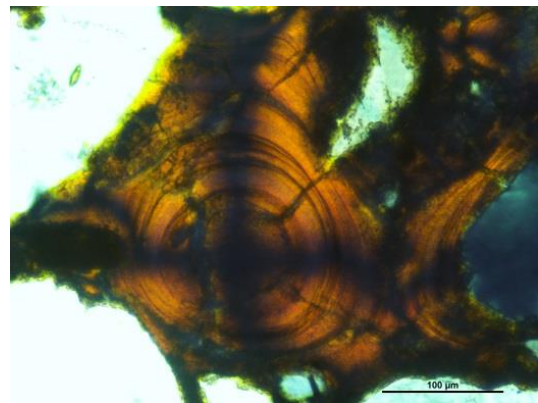
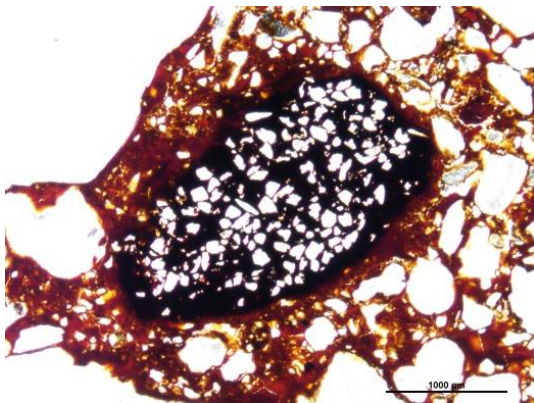


Figura 40 - a) Nódulo ferruginoso arredondado em meio a matriz Porfírica, PPL; b) Ferri-argilã com extinção cruzada nítida, XPL.

PernaI/90cm

- **Grau de seleção:** varia de pobremente selecionado para mal selecionado.
- **Dimensão:** os grãos variam de 50μm a 2000mm (areia muito fina a muito grossa).
- **Frequência:** quartzo muito dominante, acima de 70%.
- **Variabilidade:** apesar de existir grande variedade nas dimensões dos constituintes, a diferença entre indivíduos de mesma classe é média.
- **Contraste e nitidez:** o contraste pode ser considerado como proeminente, já que as características morfológicas e as cores podem ser claramente distintas entre os indivíduos, enquanto a nitidez pode ser classificada como nítida.
- **Forma:** a forma varia entre blocos, poliedros e placas.
- **Grau de arredondamento:** grãos angulares e subangulares.
- **Rugosidade superficial:** varia de ondulada a alisada, sendo que em casos específicos pode-se considerar como rugosa.

- Distribuição relativa: Porfírica fechada, tendendo em algumas secções da lâmina para Porfiro-enáulica e Porfiro-gefúrica.
- Microestrutura: complexa (mistura de 2 ou mais tipos de microestrutura) - Grãos com pontes - Microagregados intergranulares - Grãos com películas.
- Poros: não excedem 20% da lâmina. Sua classificação morfológica varia entre intergranulares simples e complexos, cavidades e canais.
- Feições pedológicas: cutãs argilosos de iluviação associados a poros e grãos dos tipos típico, crescente, de ligação, sendo que se constituem de argila misturada com óxidos e hidróxidos de ferro (Ferri-argilãs). Presença marcante de nódulos ferruginosos.

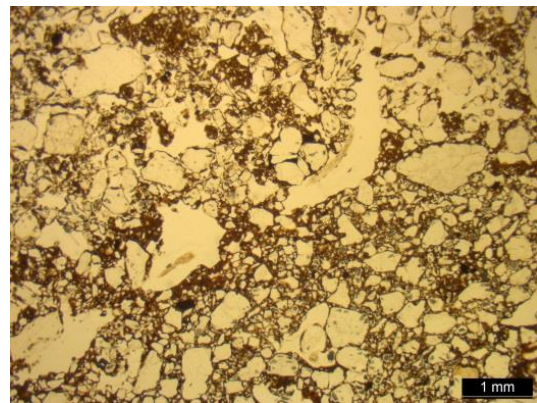
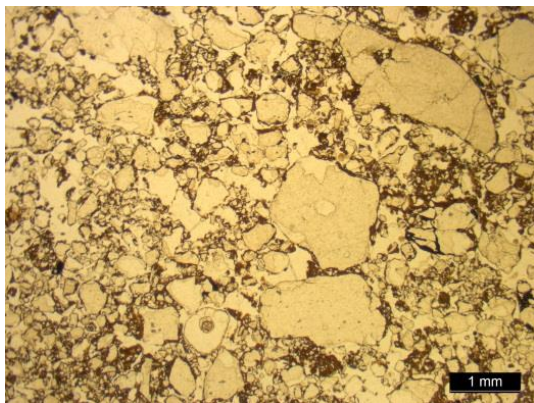


Figura 41 - a) Distribuição relativa Porfírica-enáulica, com grãos de quartzo com cerca de 2mm, PPL; b) Presença de grande canal com restos de raiz, PPL.

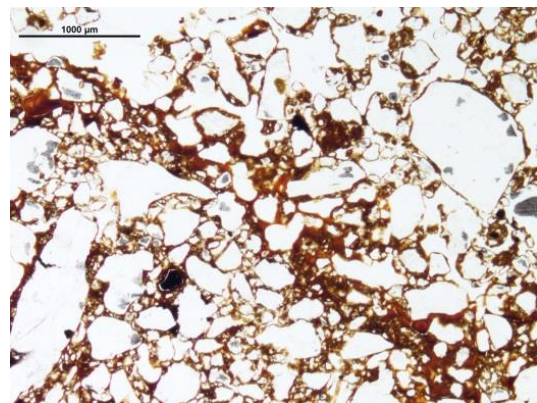
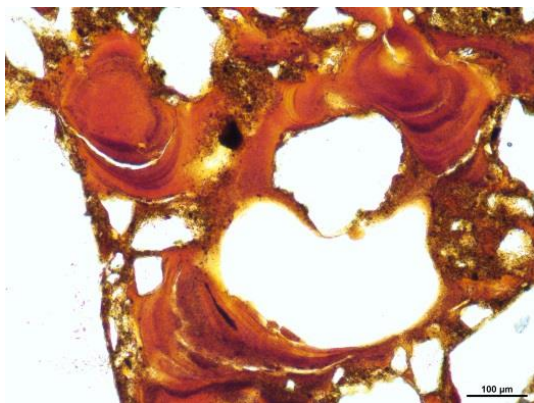


Figura 42 - a) Ferri-argilãs de iluviação do tipo crescente, microlaminação e microfissuração, PPL; b) Ferri-argilãs de ligação, PPL.

PernaI/50cm

- Grau de seleção: varia de pobremente selecionado para mal selecionado.
- Dimensão: os grãos variam de 50µm a 2000mm (areia muito fina a muito grossa).
- Frequência: quartzo muito dominante, acima de 70%.
- Variabilidade: apesar de existir grande variedade nas dimensões dos constituintes, a diferença entre indivíduos de mesma classe é média.
- Contraste e nitidez: em alguns casos o contraste pode ser considerado como distinto (moderado), já que certos indivíduos são distintos do entorno, mas com certas características morfológicas em comum. Zonas de transição maiores que 60µm (difusas) são raras e pontuais. A nitidez, portanto, pode ser classificada como clara de uma forma geral.
- Forma: a forma varia entre blocos, poliedros e placas.
- Grau de arredondamento: grãos angulares e subangulares em geral, entretanto a presença de grãos subarredondados e arredondados é maior nesta lâmina do que nas descritas anteriormente.
- Rugosidade superficial: varia de ondulada para rugosa.
- Distribuição relativa: predominantemente Enáulica, tendendo em certas seções da lâmina para Enaulico-gefurica.
- Microestrutura: complexa (mistura de 2 ou mais tipos de microestrutura) - Grãos com pontes - Microagregados intergranulares - Grãos com películas.
- Poros: no caso desta lâmina a percentagem de poros é maior que nas anteriores, girando em torno de 30%. São eles intergranulares simples, em sua grande maioria.
- Feições pedológicas: o grau de iluviação nesta lâmina é bem mais baixo que nas lâminas descritas anteriormente, contudo ainda pode-se observar a presença de cutãs, assim como a de nódulos ferruginosos. Uma pápula² foi identificada.

² “ [...] freqüentemente são fragmentos de cutãs deslocados por pedoturbação, e posteriormente incorporados ao novo fundo matricial, podendo também ser relíquias sedimentares ou pedológicas remanejadas, disseminadas e incorporadas ao fundo matricial [...]” (CASTRO, 2008, p. 118)

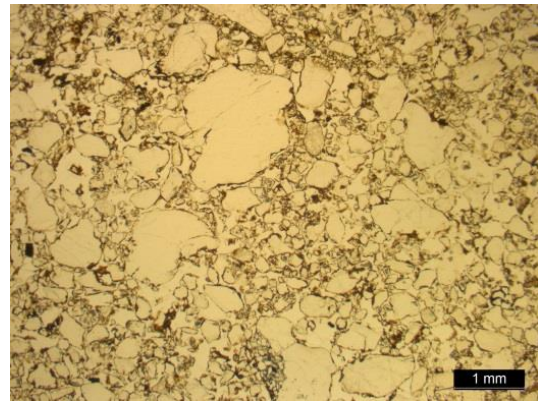
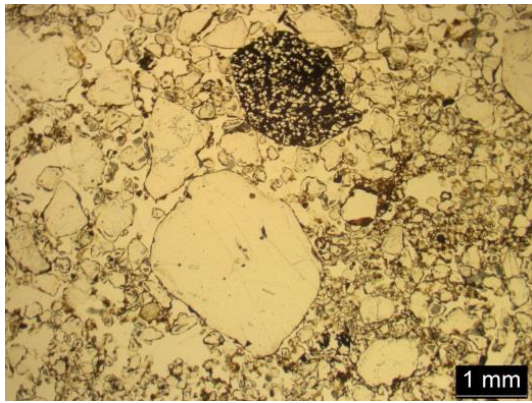


Figura 43 - a) Distribuição relativa Enáulica, com nódulo ferruginoso com cerca de 2mm e arredondado, PPL; b) Distribuição relativa Enáulica, PPL.

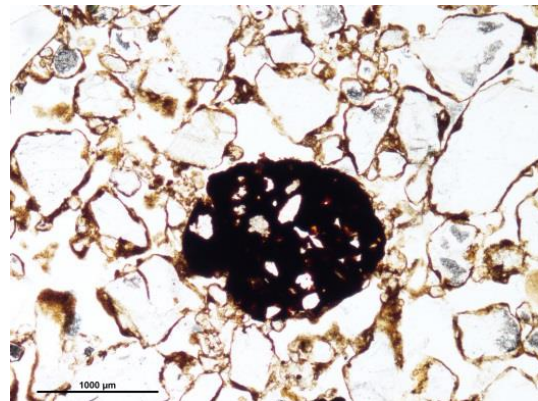
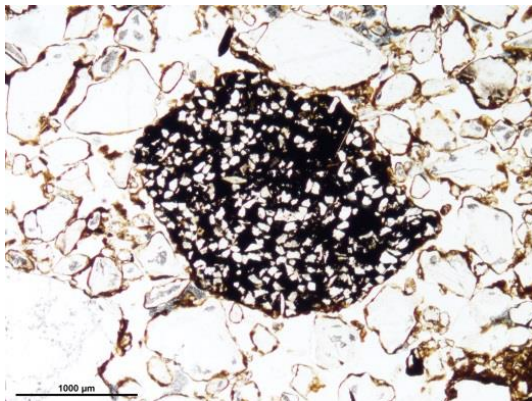


Figura 44 - a) Nódulo ferruginoso bem arredondado em meio a distribuição relativa Enáulica, PPL; b) Nódulo ferruginoso bem arredondado em meio a distribuição relativa Enáulica, PPL.

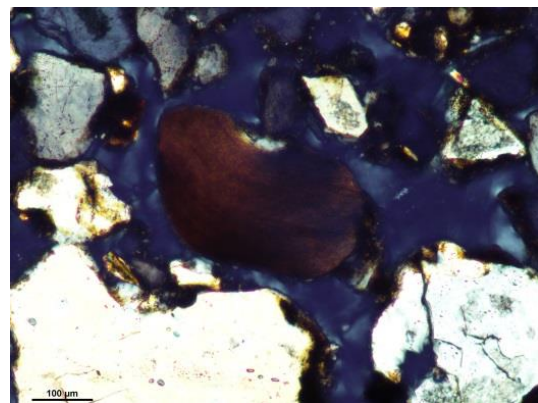
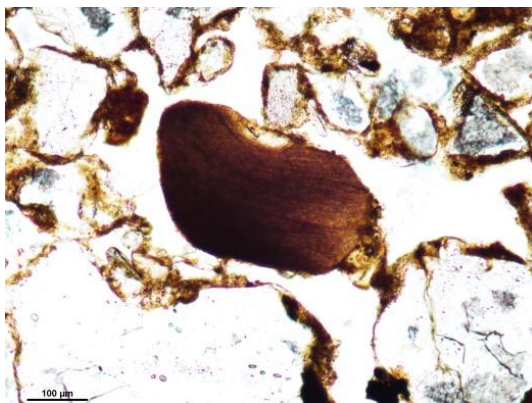


Figura 45 - a) Pápula, PPL; b) Pápula, XPL.

PernaI/15cm

- Grau de seleção: varia de pobremente selecionado para mal selecionado.
- Dimensão: os grãos variam de 50µm a 2000mm (areia muito fina a muito grossa).
- Frequência: quartzo muito dominante, acima de 70%.
- Variabilidade: apesar de existir grande variedade nas dimensões dos constituintes, a diferença entre indivíduos de mesma classe é média.
- Contraste e nitidez: o contraste pode ser considerado como proeminente, já que as características morfológicas e as cores podem ser claramente distintas entre os indivíduos, enquanto a nitidez pode ser classificada como nítida.
- Forma: a forma varia entre blocos, poliedros e placas.
- Grau de arredondamento: grãos angulares e subangulares em geral, mas com a presença pontual de grãos subarredondados e arredondados.
- Rugosidade superficial: varia de ondulada para rugosa.
- Distribuição relativa: Porfírica fechada, mas pontualmente Gefúrica.
- Microestrutura: complexa (mistura de 2 ou mais tipos de microestrutura) - Grãos com pontes - Microagregados intergranulares - Grãos com películas.
- Poros: não excedem 20% da lâmina. Sua classificação morfológica varia entre intergranulares simples e complexos, cavidades e canais.
- Feições pedológicas: cutãs argilosos de iluviação associados a poros e grãos dos tipos típico, crescente, de capeamento, pendente e de ligação, sendo que se constituem de argila misturada com óxidos e hidróxidos de ferro (Ferri-argilãs). Presença de nódulos ferruginosos.

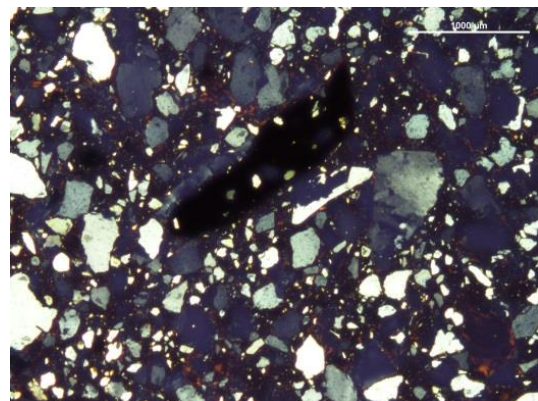
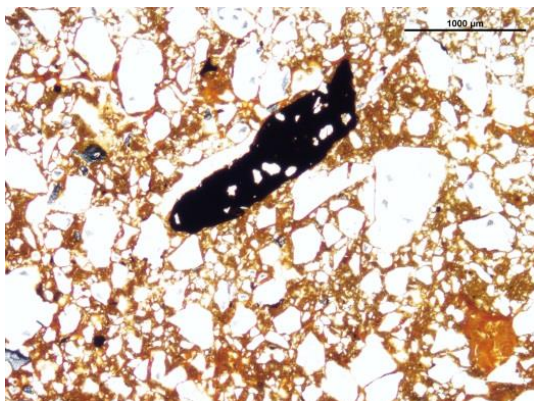


Figura 46 - a) Nódulo ferruginoso subangular, PPL; b) Nódulo ferruginoso subangular, XPL.

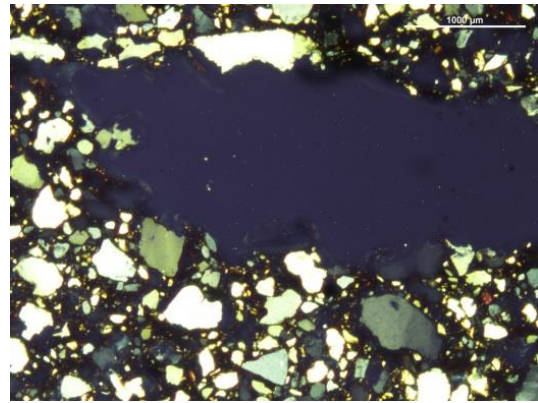
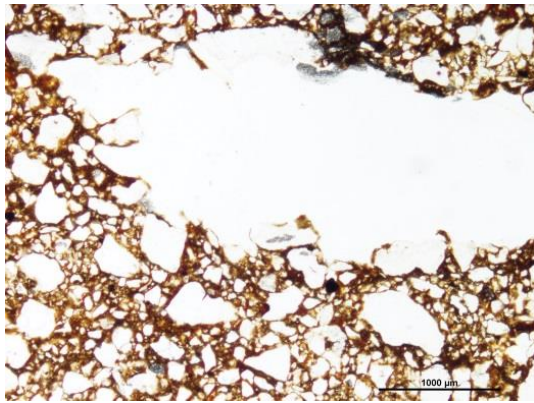


Figura 47 - a) Presença de canal em meio a distribuição relativa Porfírica fechada, PPL; b) Presença de canal em meio a distribuição relativa Porfírica fechada, XPL.

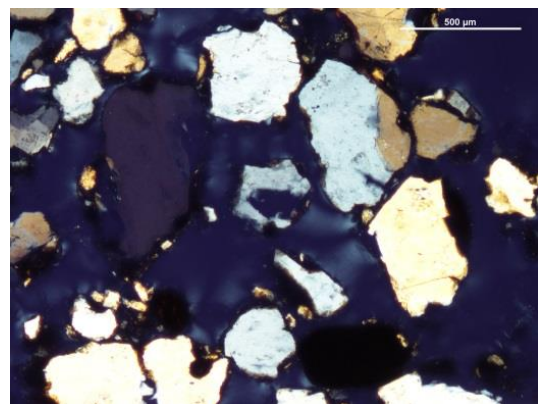
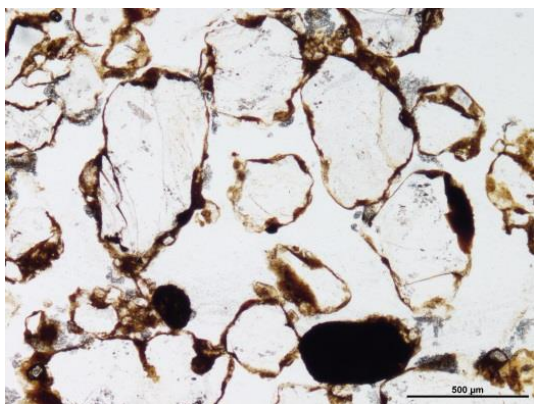


Figura 48 - a) Distribuição relativa pontualmente gefúrica, PPL; b) Distribuição relativa pontualmente gefúrica, XPL.

6.2. Ema I

Da sondagem **Ema I**, foram coletadas amostras para micromorfologia que resultaram na confecção de 3 lâminas (Fig. 49a, b, c). As mesmas foram descritas em uma ordem que vai da base do perfil para o topo, sendo a primeira lâmina Ema I/270cm, Ema I/100cm e Ema I/25cm.



Figura 49 - a) Lâmina EmaI/25cm; b) Lâmina EmaI/100cm; c) Lâmina EmaI/270cm

EmaI/270cm

- **Grau de seleção:** varia de pobremente selecionado para mal selecionado.
- **Dimensão:** os grãos variam de 50µm a 2000mm (areia muito fina a muito grossa).
- **Frequência:** quartzo muito dominante, acima de 70%.
- **Variabilidade:** apesar de existir grande variedade nas dimensões dos constituintes, a diferença entre indivíduos de mesma classe é média.
- **Contraste e nitidez:** o contraste pode ser considerado como proeminente, já que as características morfológicas e as cores podem ser claramente distintas entre os indivíduos, enquanto a nitidez pode ser classificada como nítida.
- **Forma:** a forma varia entre blocos, poliedros e placas.
- **Grau de arredondamento:** grãos angulares e subangulares em geral, mas com a presença pontual de grãos subarredondados e arredondados.
- **Rugosidade superficial:** varia de ondulada a alisada, sendo que em casos específicos pode-se considerar como rugosa.

- Distribuição relativa: predominantemente Porfírica, tendendo pontualmente para Enáulica.
- Microestrutura: complexa (mistura de 2 ou mais tipos de microestrutura) - Grãos com pontes - Microagregados intergranulares - Grãos com películas.
- Poros: não excedem 10% da lâmina. Nomeadamente intergranulares simples e complexos, cavidades, canais e câmaras.
- Feições pedológicas: cutãs argilosos de iluviação associados a poros e grãos dos tipos típico, crescente, de capeamento e de ligação, sendo que se constituem de argila misturada com óxidos e hidróxidos de ferro (Ferri-argilãs). Presença pontual de nódulos ferruginosos e pápulas.

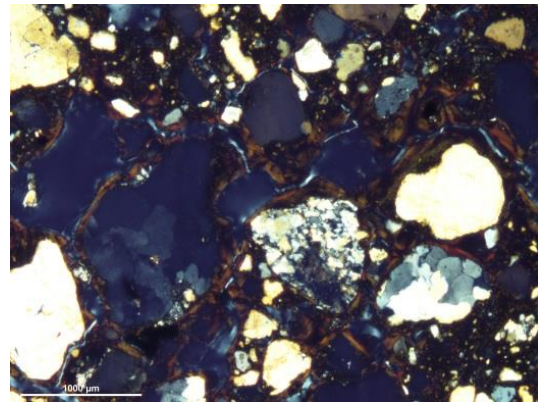
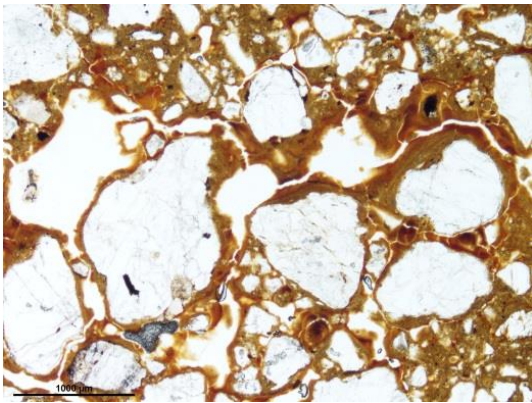


Figura 50 - a) Presença de poros do tipo câmara, PPL; b) Presença de poros do tipo câmara, XPL.

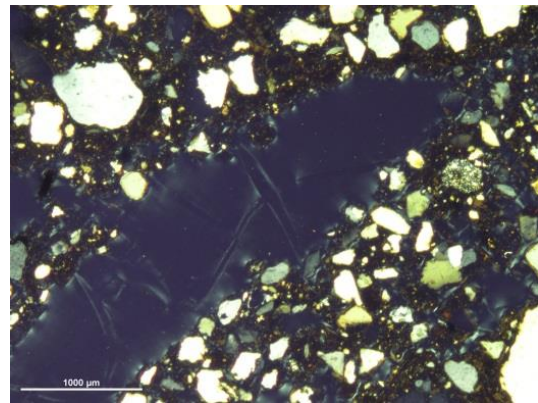
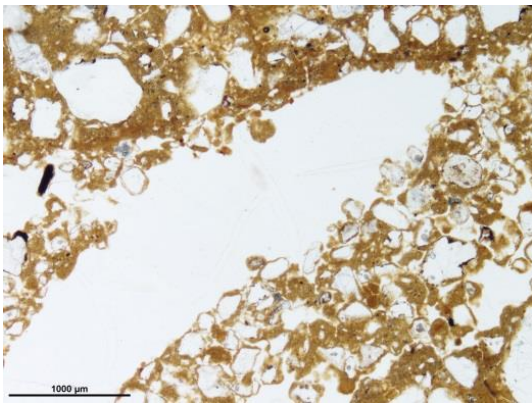


Figura 51 - a) Canal em meio a distribuição relativa Porfírica, PPL; b) Canal em meio a distribuição relativa Porfírica, XPL.

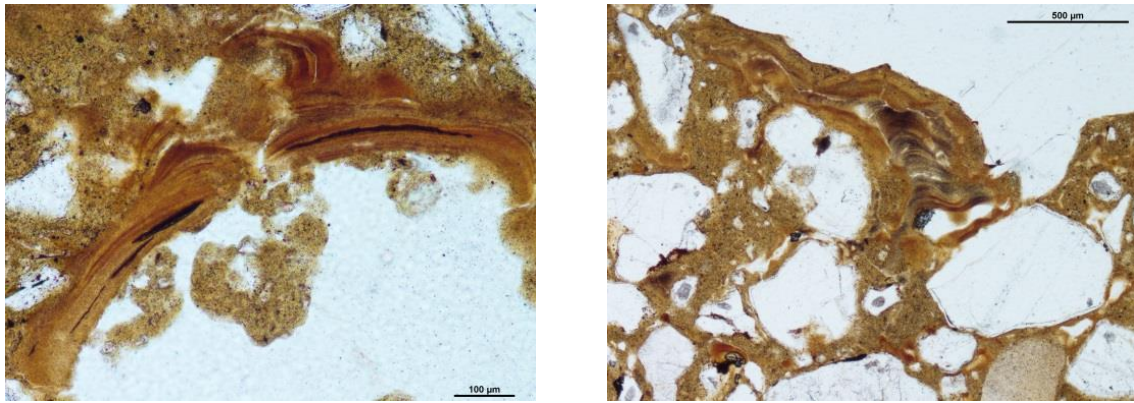


Figura 52 - a) Ferri-argilãs com segregação pós-deposicional de ferro, com laminação, PPL; b) Ferri-argilãs com segregação pós-deposicional de ferro, com laminação, PPL.

EmaI/100cm

- Grau de seleção: varia de pobremente selecionado para mal selecionado.
- Dimensão: os grãos variam de 50µm a 2000mm (areia muito fina a muito grossa).
- Frequência: quartzo muito dominante, acima de 70%.
- Variabilidade: apesar de existir grande variedade nas dimensões dos constituintes, a diferença entre indivíduos de mesma classe é média.
- Contraste e nitidez: o contraste pode ser considerado como proeminente, já que as características morfológicas e as cores podem ser claramente distintas entre os indivíduos, enquanto a nitidez pode ser classificada como nítida.
- Forma: a forma varia entre blocos, poliedros e placas.
- Grau de arredondamento: grãos angulares e subangulares em geral, mas com a presença pontual de grãos subarredondados e arredondados.
- Rugosidade superficial: varia de ondulada a alisada, sendo que em casos específicos pode-se considerar como rugosa.
- Distribuição relativa: a distribuição relativa desta lâmina é bem variável, já que pode-se observar seções ora Porfirico-enáulica, ora Porfirico-gefúrica e pontualmente Enáulica.
- Microestrutura: complexa (mistura de 2 ou mais tipos de microestrutura) - Grãos com pontes - Microagregados intergranulares - Grãos com películas. Pontualmente identificou-se uma microestrutura em Blocos subangulares, mesmo a pedalidade sendo incipiente.

- Poros: não excedem 20% da lâmina. Nomeadamente intergranulares simples e complexos e canais. Pontualmente identificou-se uma seção que excede 40% de poros, caracterizando a zona da distribuição relativa Enáulica.
- Feições pedológicas: o grau de iluviação nesta lâmina é bem mais baixo que na lâmina descrita anteriormente, entretanto pode-se observar a presença pontual de cutãs, assim como a de nódulos ferruginosos.

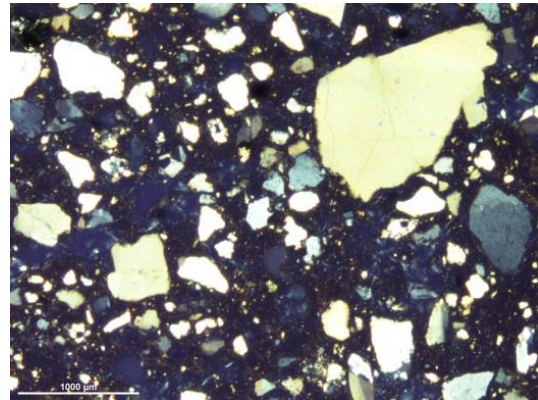
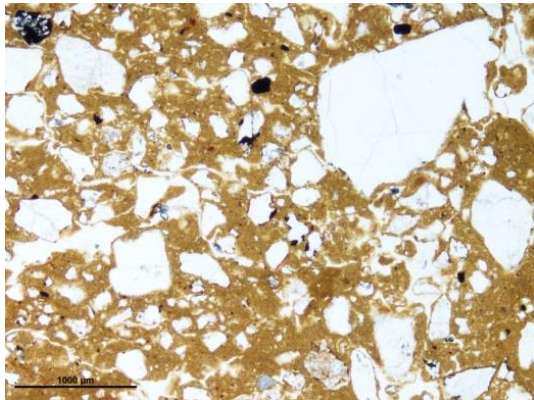


Figura 53 - a) Distribuição relativa Porfírica, PPL; b) XPL.

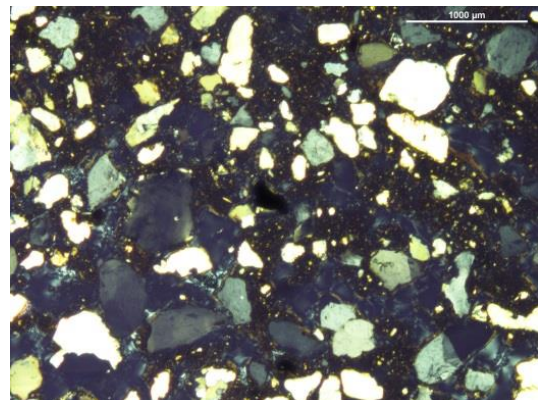
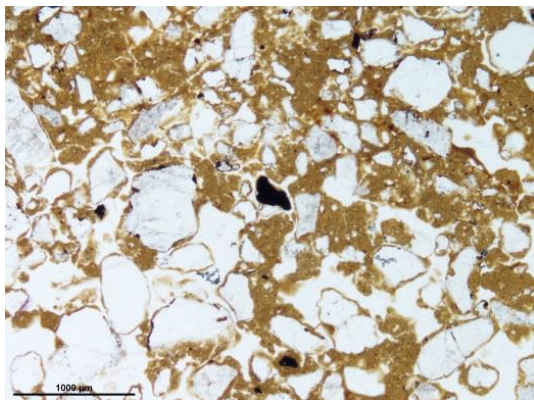


Figura 54 - a) Distribuição relativa Porfírico-enáulica, PPL; b) XPL.

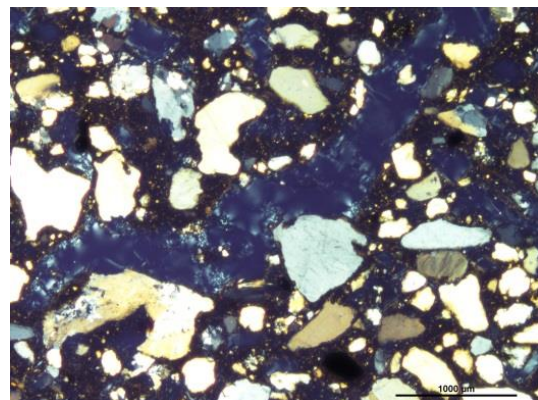
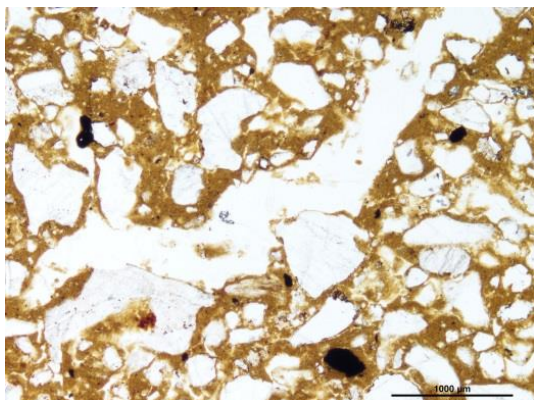


Figura 55 - a) Presença de canal, PPL; b) XPL.

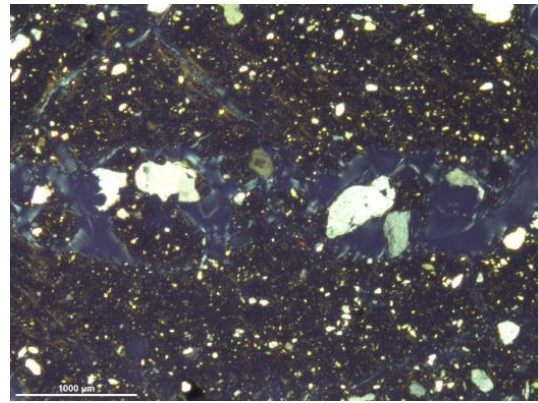
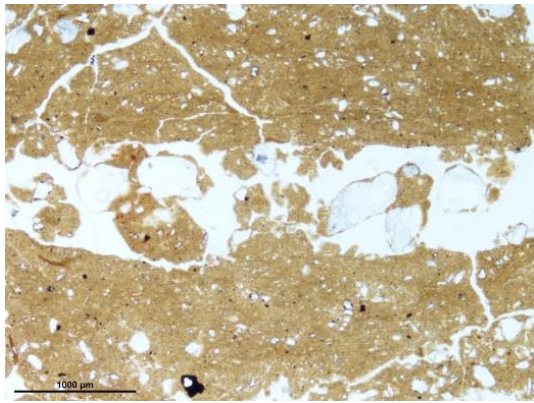


Figura 56 - a) Preenchimento de pedotúbulo com material solto e descontínuo, PPL; b) XPL.

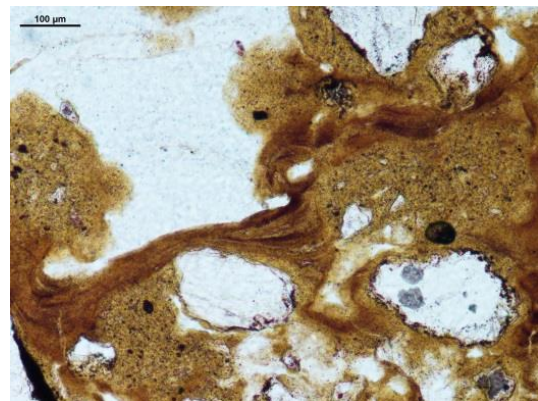
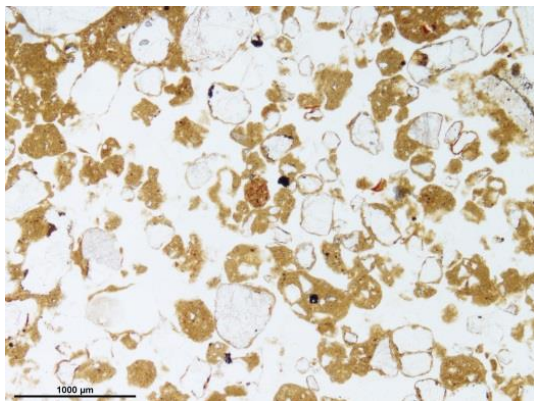


Figura 57 - a) Distribuição relativa Enáulica, PPL; b) Ferri-argilãs com segregação pós-deposicional de Fe, PPL.

EmaI/25cm

- **Grau de seleção:** varia de pobremente selecionado para mal selecionado.
- **Dimensão:** os grãos variam de 50μm a 2000mm (areia muito fina a muito grossa).
- **Frequência:** quartzo muito dominante, acima de 70%.
- **Variabilidade:** apesar de existir grande variedade nas dimensões dos constituintes, a diferença entre indivíduos de mesma classe é média.
- **Contraste e nitidez:** o contraste pode ser considerado como proeminente, já que as características morfológicas e as cores podem ser claramente distintas entre os indivíduos, enquanto a nitidez pode ser classificada como nítida.
- **Forma:** a forma varia entre blocos, poliedros e placas.
- **Grau de arredondamento:** grãos angulares e subangulares em geral, mas com a presença pontual de grãos subarredondados e arredondados.
- **Rugosidade superficial:** varia de ondulada a alisada, sendo que em casos específicos pode-se considerar como rugosa.

- Distribuição relativa: predominantemente Enáulica, tendendo para uma distribuição Gefúrica.
- Microestrutura: complexa (mistura de 2 ou mais tipos de microestrutura) - Grãos com pontes - Microagregados intergranulares - Grãos com películas.
- Poros: não excedem 30% da lâmina. Nomeadamente intergranulares simples e complexos e canais.
- Feições pedológicas: o grau de iluviação nesta lâmina é ainda menor que na lâmina anterior, entretanto pode-se observar a presença pontual de cutãs, assim como a de nódulos ferruginosos.

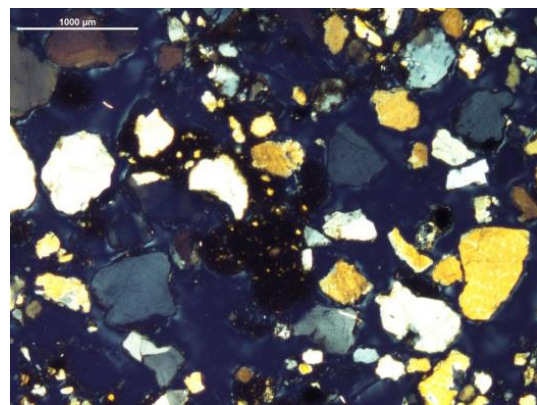
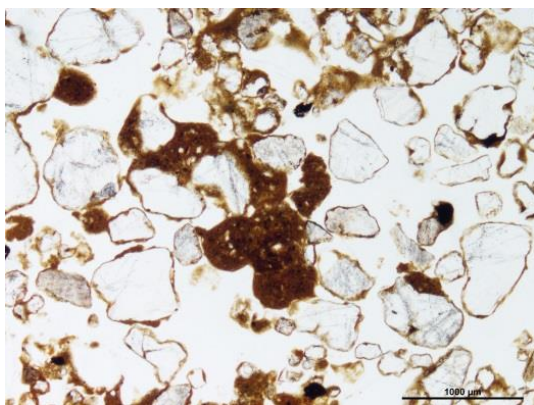


Figura 58 - a) Formação de microagregado, PPL; b) XPL.

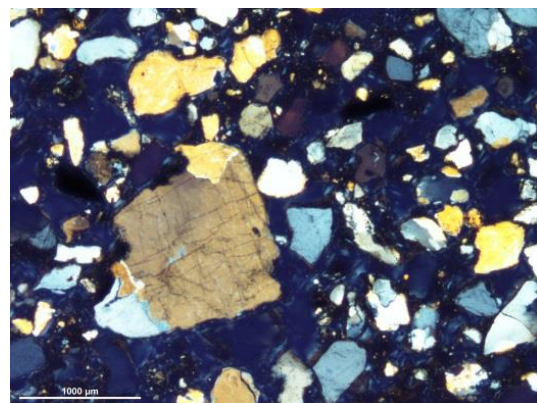
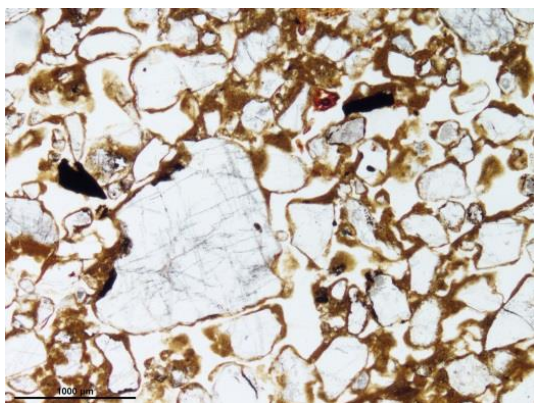


Figura 59 - a) Distribuição relativa Gefúrica, PPL; b) XPL.

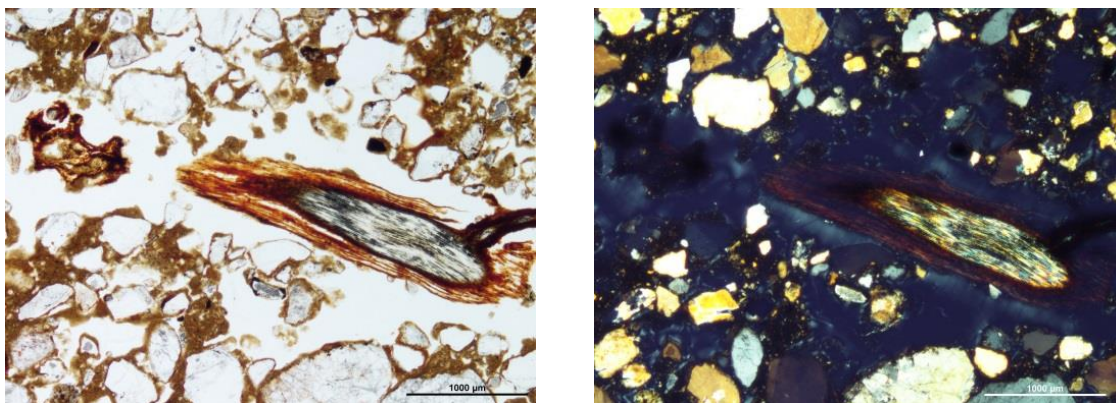


Figura 60 - a) Presença de raiz recente, PPL; b) XPL.

6.2.1. Descrição microscópica das rochas suporte

De acordo com estudo petrográfico das rochas suporte coletadas no **Perna I** (rocha 08, rocha 10 e rocha 11), realizado por Campos (2015), indica que são de natureza detrítica, com características idênticas às rochas detríticas do sítio Ema I. Desta forma, verifica-se que também contêm grão e matriz constituídos por quartzo e quartzito (90%), enquanto acessoriamente, ocorre rara muscovita, turmalina, zircão, epídoto/esfena e minerais opacos (possivelmente óxidos de ferro e titânio). O cimento é composto por caulinita, minerais opacos (óxidos de ferro e titânio) e hidróxidos de ferro, que conferem uma tonalidade marrom à rocha.

Apresentam um tamanho de grão com dimensão geralmente não superior a 2mm (areias muito grosseiras) e uma quantidade de matriz (fração <30µm), relativamente baixa. De uma forma geral, as rochas analisadas apresentam grãos subarredondados a subangulosos e bem calibrados, embora pontualmente (amostra 10) a dispersão do tamanho de grão possa ser um pouco maior, dado a maior abundância de matriz. Considera-se, por isso, que estes arenitos são submaturos a maturos (CASTRO DORADO, 1988; MOCOROA, 2010 *apud* CAMPOS, 2015, p. 186). O grau de empacotamento destas rochas varia de tangencial a completo, havendo por isso zonas das rochas em que o cimento é praticamente ausente.

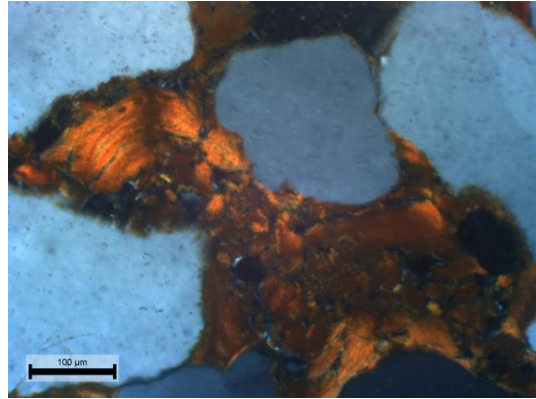
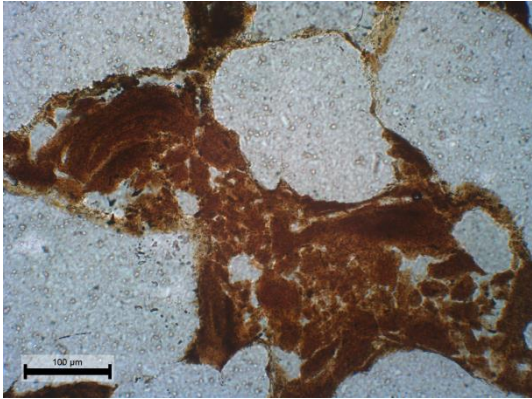
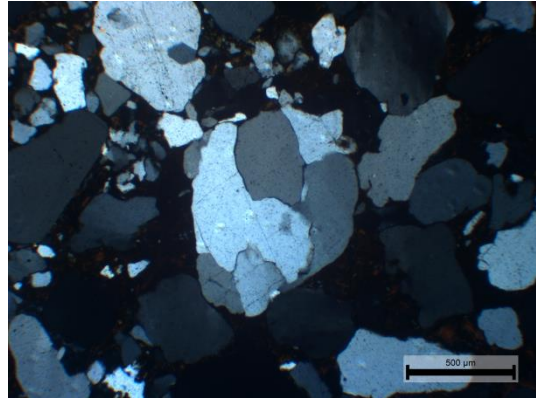
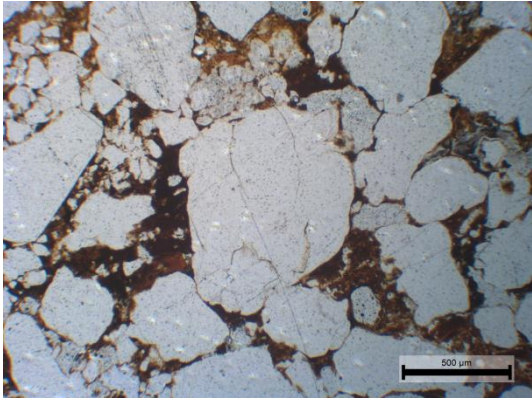


Figura 61 - a); b); c); d) Rocha 8

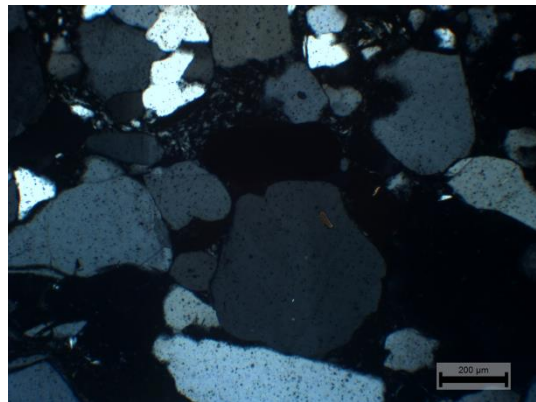
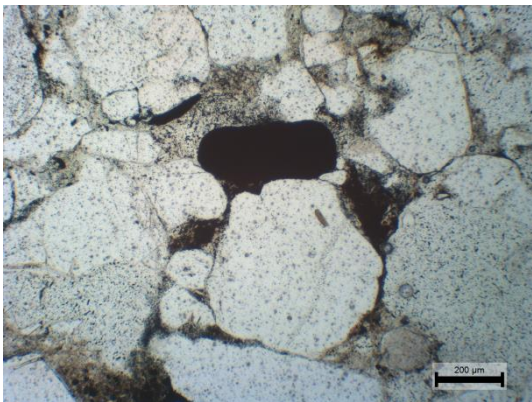
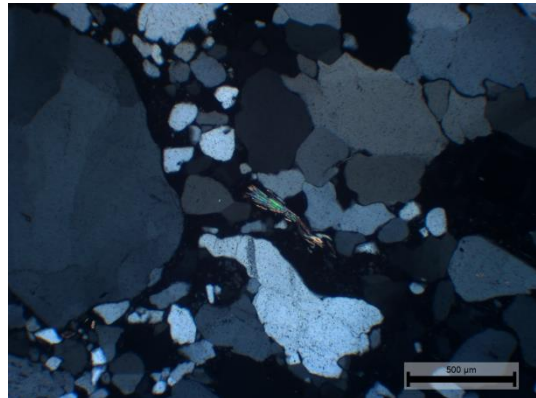
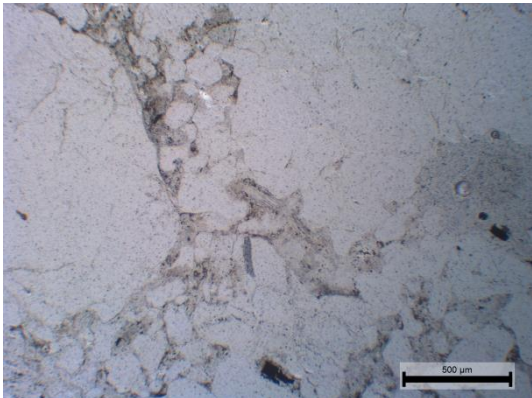


Figura 62 - a); b); c); d) Rocha 10

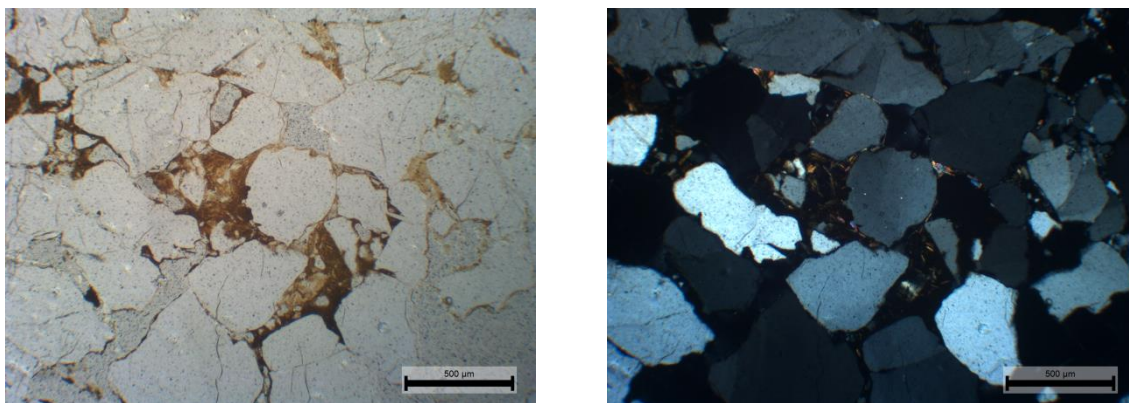


Figura 63 - a); b) Rocha 11

De acordo com estudo petrográfico das rochas suporte coletadas no **Ema I** (rocha 02, rocha 03 e rocha 04), realizado por Campos (2015), mostra que são de natureza detrítica, contendo grão e matriz constituídos essencialmente por quartzo e quartzito (90%). Ocorre ainda rara muscovita, turmalina, zircão e minerais opacos (possivelmente óxidos de ferro e titânio). O cimento é composto por caulinita, que ocorre frequentemente sob a forma de agregados de prismáticos. Contudo, no cimento destas rochas também pode estar presente muscovita, com evidências de caulinitização (JIANG & PEACOR, 1991 *apud* CAMPOS, 2015) e hidróxidos de ferro, que conferem uma tonalidade marrom à rocha.

Apresentam um tamanho de grão com dimensão geralmente não superior a 2 mm (areias). Nestes arenitos, a quantidade de matriz (fração <30 µm), bem como a dispersão do tamanho de grão, é relativamente baixa. Os grãos têm uma forma sub arredondada a subangulosa e o seu empacotamento é tangencial, indicando que estes arenitos podem ser considerados submaturos a maturos (CASTRO DORADO, 1988; MOCOROA, 2010 *apud* CAMPOS, 2015, p. 180). Nos arenitos, por vezes, existem alguns espaços intergranulares que não estão totalmente preenchidos por cimento, mas sim por pequenos grânulos de caulinita, que podem estar agregados e impregnados de hidróxidos de ferro. O nível de siltito intercalado nos arenitos apresenta grãos essencialmente sub angulosos com dimensões inferiores a 62 µm, é bem calibrado e apresenta um grau de empacotamento pontual a tangencial.

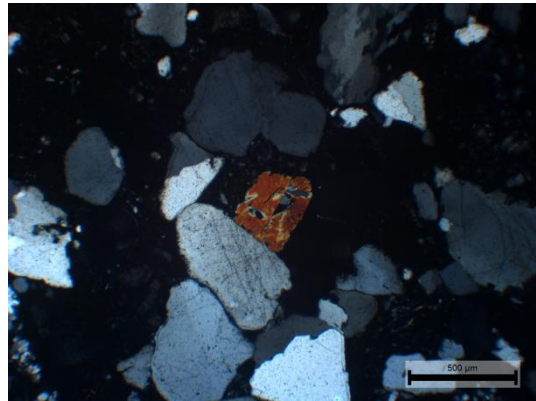
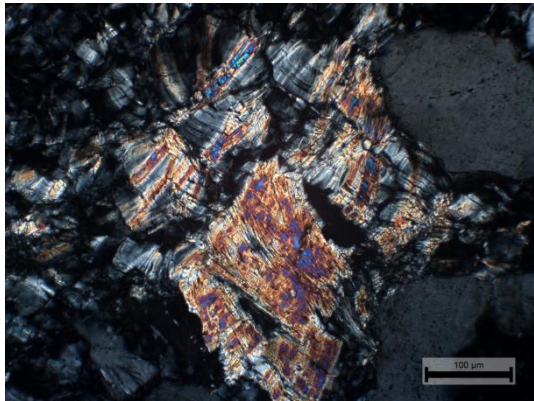
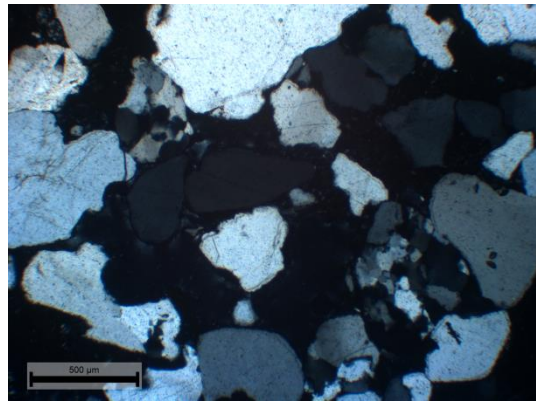
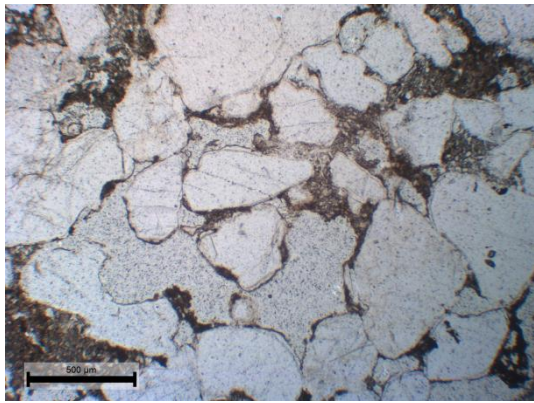


Figura 64 - a); b); c); d) Rocha 2

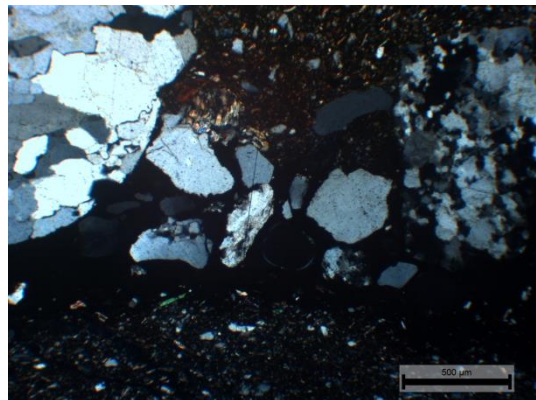
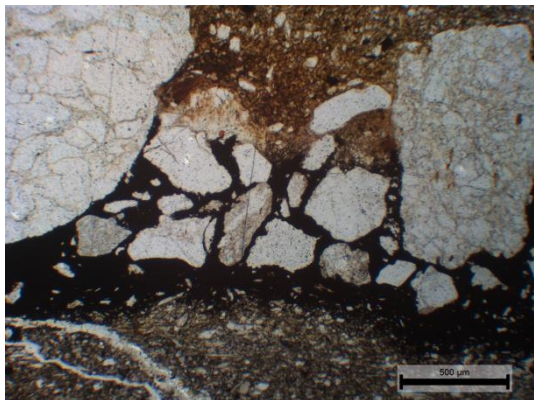


Figura 65 - a); b) Rocha 3

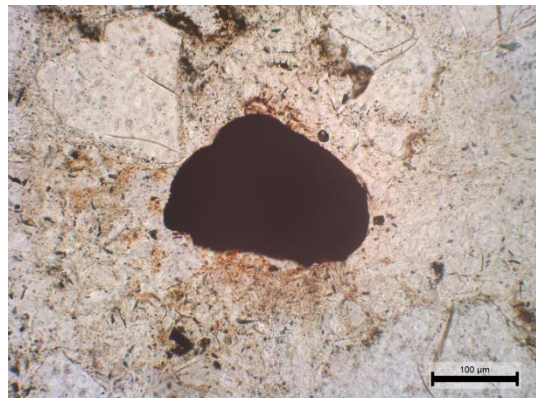
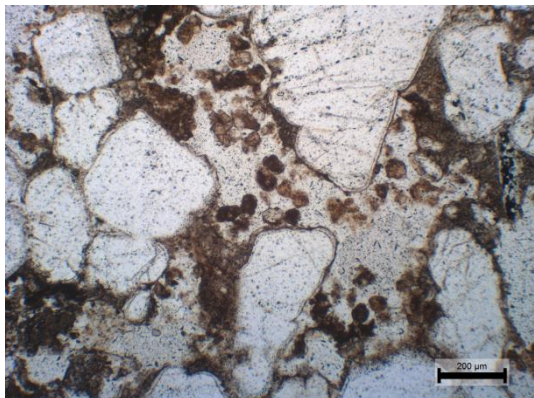


Figura 66 - a); b) Rocha 4

7. Considerações Finais

As observações e as análises granulométricas (em anexo) confirmaram a origem essencialmente coluvionar dos depósitos dos dois sítios analisados. De fato, em ambos os casos, o sedimento é mal selecionado e é constituído essencialmente por areias grosseiras e médias. A escassez de argila indica que a escamação dos abrigos revestiu uma importância relativa na formação dos depósitos. Por quanto, as variações da quantidade de materiais finos, quando não relacionados com os processos pedogenéticos, podem ser significativos de oscilações climáticas ocorridas ao longo do Holocénico (por exemplo granulometria do EmaI-11 e PernaI-21-22).

A distribuição geralmente Enáulica dos depósitos reflete o processo de formação: areia grosseira de coluvião que provem do planalto e da vertente misturada com um pouco de material fino derivante da alteração da rocha dos abrigos.

As feições pedológicas estão representadas sobretudo por os nódulos e crustas ferruginosas provocadas pela iluviação, a presença de óxidos de ferro em todas as amostras indica que trata-se de um processo normal. Entre as particularidades observadas é de assinalar os pedotúbulos do PernaI/220cm (indicadores de organismos ou plantas) que coincidem com a presença do material mais fino.

Em geral podemos concluir que os processos de formação dos dois sítios são obviamente bastante similares. A junção dos dados granulométricos com as observações micromorfológicas permite de indicar alguns períodos relevantes, em particular os níveis de PernaI-21-22 poderiam significar uma alteração climática que deverá se correlata com os dados arqueológicos e cronológicos.

Comparando as análises micromorfológicas com as análises de rocha, fica claro que a grande maioria dos constituintes encontrados nos depósitos provêm do material erodido e alterado dos abrigos, já que a forma, cimento e muitas vezes os nódulos ferruginosos possuem as mesmas características nos dois casos.

Bibliografia

BARBOSA, M. E. F. & FURRIER, M. (2012) Sistemas de Diaclases e Influência Tectônica da Borda Sudeste da Bacia Sedimentar do Parnaíba: Parque Nacional Serra da Capivara, Brasil. *Revista do Departamento de Geografia – USP*, 23: 250-266.

BARROS, J. S., FERREIRA, R.V., GUIDON, N., SILVA, A. J. C. L. P. (2011) Geoparque Serra da Capivara - PI. Proposta. Brasília: CPRM - Serviço Geológico do Brasil.

BARROS, J.S., FERREIRA, R. V., PEDREIRA, A. J., GUIDON, N. (2012) Geoparque Serra da Capivara (PI) - proposta. In: Carlos Schobbenhaus & Cassio Roberto da Silva (Org.) *Geoparques do Brasil - Proposta*, 1. Rio de Janeiro: CPRM.

BIZZI, L. A. SCHOBENHAUS, C., VIDOTTI, R. M. GONÇALVES, J. H. (Eds.) (2003) *Geologia, tectônica e recursos minerais do Brasil - Texto, mapas & SIG*. Brasília: Serviço Geológico do Brasil - CPRM.

BIZZI, L. & VIDOTTI, R.M. (2003a) Condicionamento do magmatismo pós-Gondwana. In: Luiz Bizzi, Carlos Schobbenhaus, Roberta Vidotti, João Gonçalves (Eds.) *Geologia, tectônica e recursos minerais do Brasil - Texto, mapas & SIG*. Brasília: Serviço Geológico do Brasil - CPRM.

BUÇO, C. A. (2012) *Arqueologia do Movimento - Relações entre Arte Rupestre, Arqueologia e Meio Ambiente da pré-história aos dias atuais, no Vale da Serra Branca*. Parque Nacional Serra da Capivara, Piauí, Brasil. Tese de Doutorado. Vila Real: Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro.

BULLOCK, P., FEDOROFF, N., JONGERIUS, A., STOOPS, G., TURSINA, T., (1985) Handbook for Soil Thin Section Description. Wolverhampton: Waine Research Publications.

CAMPOS, L. C. S., (2015) Paleoclima e comportamento humano no Holoceno: um estudo comparativo entre Brasil e a Península Ibérica - Tese de doutoramento em Quaternário, Materiais e Culturas. Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro. Vila Real.

CASTRO, S. S., (2008) Micromorfologia de Solos. Bases para Descrição de Lâminas Delgadas. 2ª edição. UNICAMP – IG – DGEO. UFG – IESA. Campinas/Goiânia.

COURTY, M.A.; GOLDBERG, P.; MACPHAIL, R. Soils and Micromorphology in Archaeology. Cambridge: Cambridge University Press, Cambridge Manuals in Archaeology, 1985.

FUMDHAM (2007) Proteção, manutenção e pesquisa na região do Parque Nacional Serra da Capivara. Relatório Anual.

GUIDON, N.; PESSIS, A-M. & MARTIN, G. (2009) Pesquisas arqueológicas na região do Parque Nacional Serra da Capivara e seu entorno (Piauí-1998-2008). FUMDHAMentos, 8.

GUILLORÉ, P. Méthode de Fabrication Mécanique et en Série des Lames Minces. Paris: CNRS et INAPG, 3ème édition, 1985, 22p.

LA SALVIA, E. S. (2006) A reconstituição da paisagem da Paleo-micro Bacia do Antônio e sua ocupação pelo homem do Pleistoceno. Tese de Doutorado. Recife: Universidade Federal de Pernambuco.

MELO, P. P (1994) Técnicas e métodos de escavação: o caso da toca do Baixão do Perna I. Clio Série Arqueológica, 10: 145-173.

MELO, P. P. (2007) Os Efeitos da Transição Climática sobre os Vestígios das Ocupações Pré-Histórica na Serra da Capivara. A transição do Pleistoceno ao Holoceno no Parque Nacional Serra da Capivara – Piauí - Brasil: uma contribuição ao estudo sobre a antiguidade da presença humana no sudeste do Piauí. Tese de doutorado. Recife: Universidade Federal de Pernambuco - UFP.

MÜCHER, H., STEINJ, H., KWAAD, F. (2010) Colluvial and Mass Wasting Deposits. In: Interpretation of Micromorphological Features of Soils and Regoliths.

SANTOS, J. C. (2007) O Quaternário do Parque Nacional Serra da Capivara, Piauí, Brasil: Morfoestratigrafia, Sedimentologia, Geocronologia e Paleoambiente. Tese de doutorado. 189p. Recife: Universidade Federal de Pernambuco.

SCHOBHENHAUS, C. & NEVES, B. B. B. (2003) A geología do Brasil no contexto da plataforma Sul americana. In: Luiz Bizzi, Carlos Schobbenhaus, Roberta Vidotti, João Gonçalves (Eds.) Geologia, tectônica e recursos minerais do Brasil - Texto, mapas & SIG. Brasília: Serviço Geológico do Brasil - CPRM.

SIANTO, L. (2009) Parasitismo em populações pré-colombianas: helmintos de animais em coprólitos de origem humana do Parque Nacional Serra da Capivara, PI, Brasil. Tese doutorado. Rio de Janeiro: Escola Nacional de Saúde Pública.

SILVA, A. J. P., LOPES, R. C., VASCONCELOS, A. M. V., BAHIA, R. B. C. (2003) Bacia sedimentares Paleozóicas e meso-cenozóicas interiores. In: Luiz Bizzi, Carlos Schobbenhaus, Roberta Vidotti, João Gonçalves (Eds.) Geologia, tectônica e recursos minerais do Brasil - Texto, mapas & SIG. Brasília: Serviço Geológico do Brasil - CPRM.

STOOPS, G. (2003) Guidelines for Analysis and Description of Soil and Regolith Thin Section. Soil Science Society of America, Inc. Madison, Wisconsin, USA.

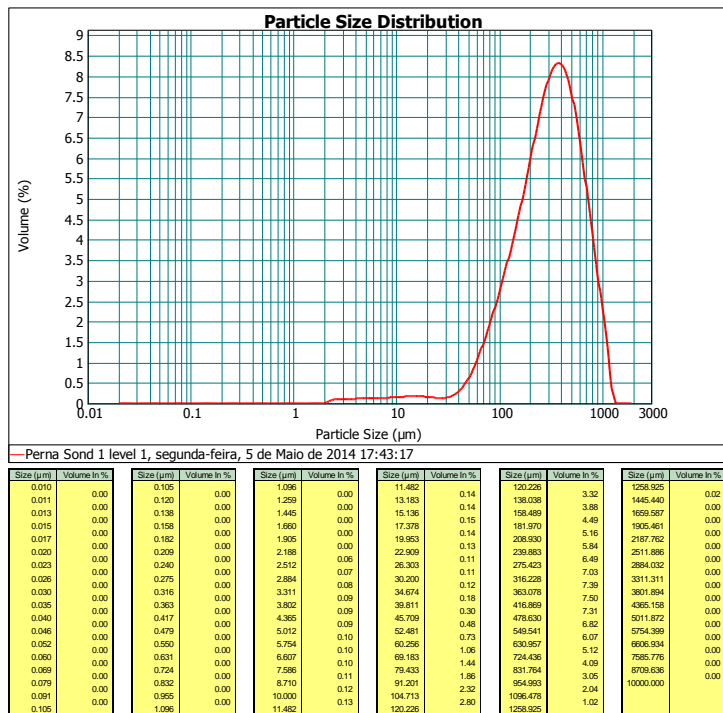
STOOPS, G. (2010) Micromorphology as a Tool in Soil and Regolith Studies. In: Interpretation of Micromorphological Features of Soils and Regoliths.

STOOPS, G., MARCELINO, V., MEES, F. (2010) Micromorphological Features and Their Relation to Processes and Classification: General Guidelines and Keys. In: Interpretation of Micromorphological Features of Soils and Regoliths.

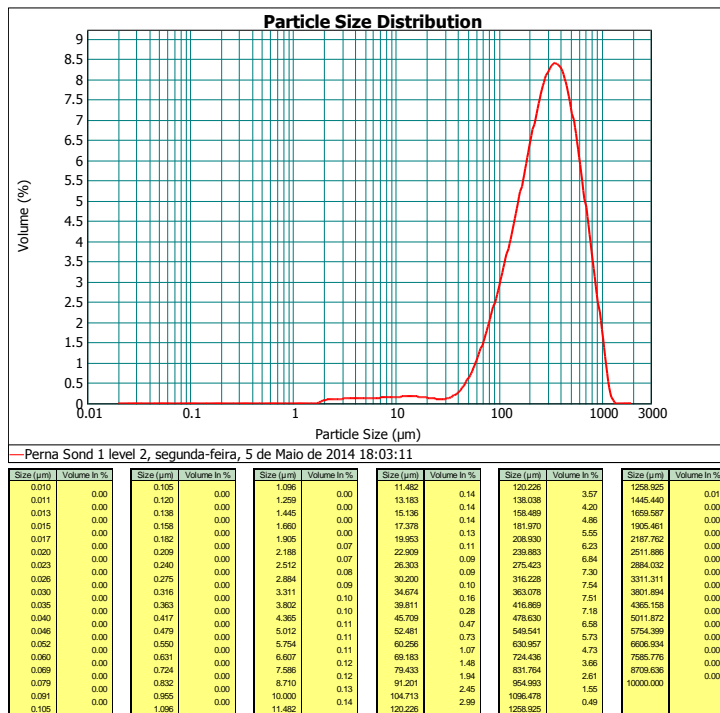
ANEXOS

Anexo 1

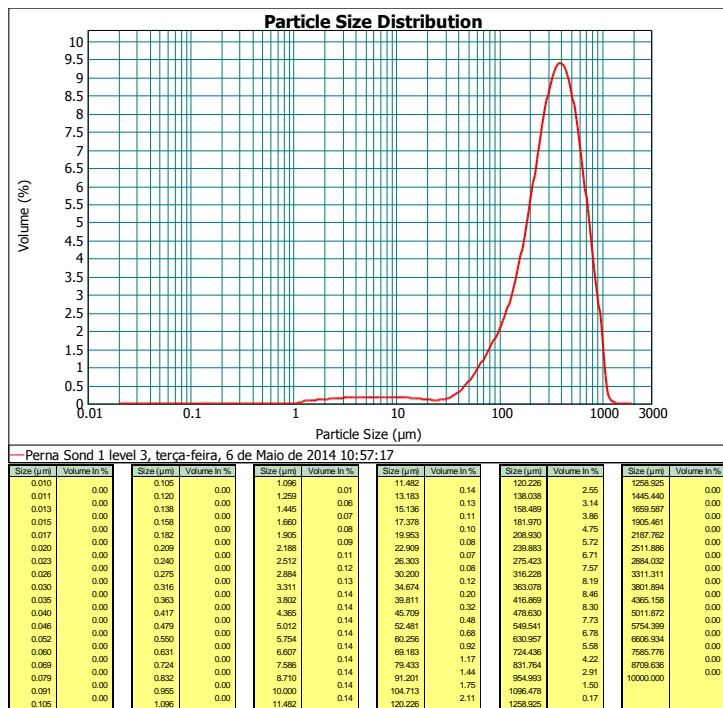
Granulometria do Perna I/ 10 – 10cm



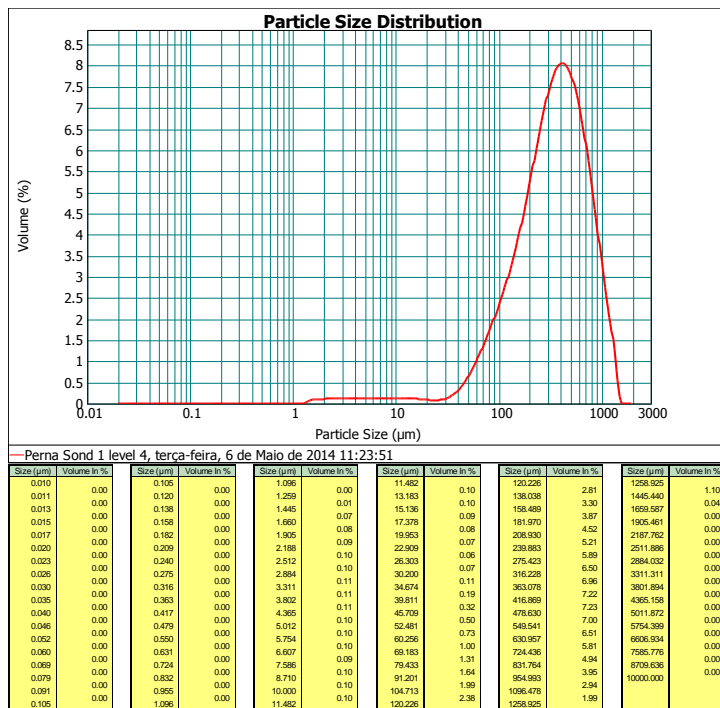
Percentagem entre 0,02 µm e 2 µm: **0%**
Percentagem entre 2 µm e 50 µm: **2,94%**
Percentagem entre 50 µm e 200 µm: **25,56%**
Percentagem entre 200 µm e 2000 µm: **71,50%**



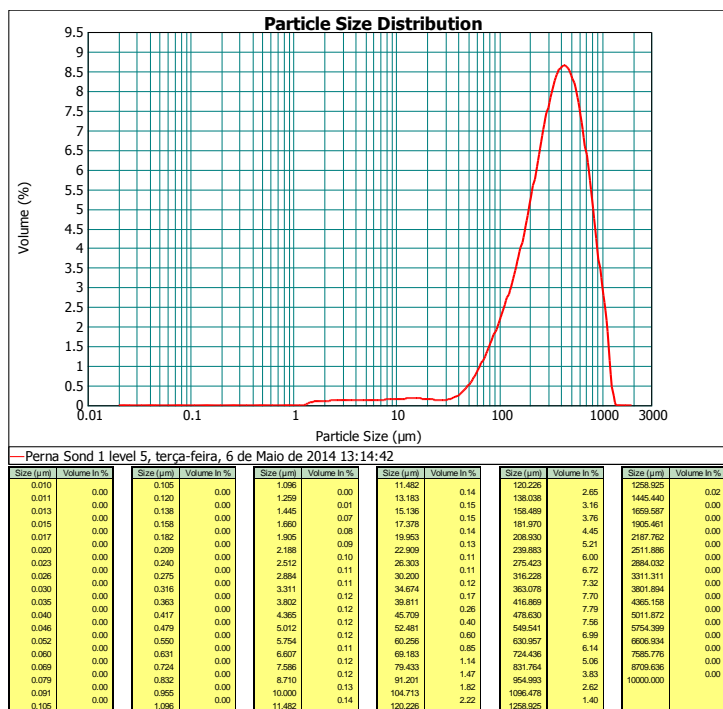
Percentagem entre 0,02 µm e 2 µm: **0,02%**
Percentagem entre 2 µm e 50 µm: **2,99%**
Percentagem entre 50 µm e 200 µm: **27,19%**
Percentagem entre 200 µm e 2000 µm: **69,80%**



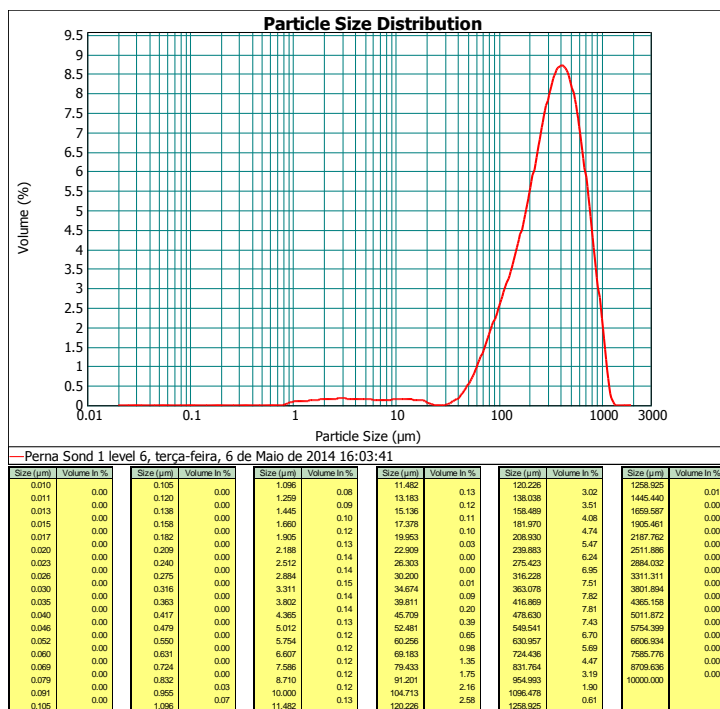
Percentagem entre 0,02 µm e 2 µm: **0,26%**
Percentagem entre 2 µm e 50 µm: **3,35%**
Percentagem entre 50 µm e 200 µm: **20,96%**
Percentagem entre 200 µm e 2000 µm: **75,44%**



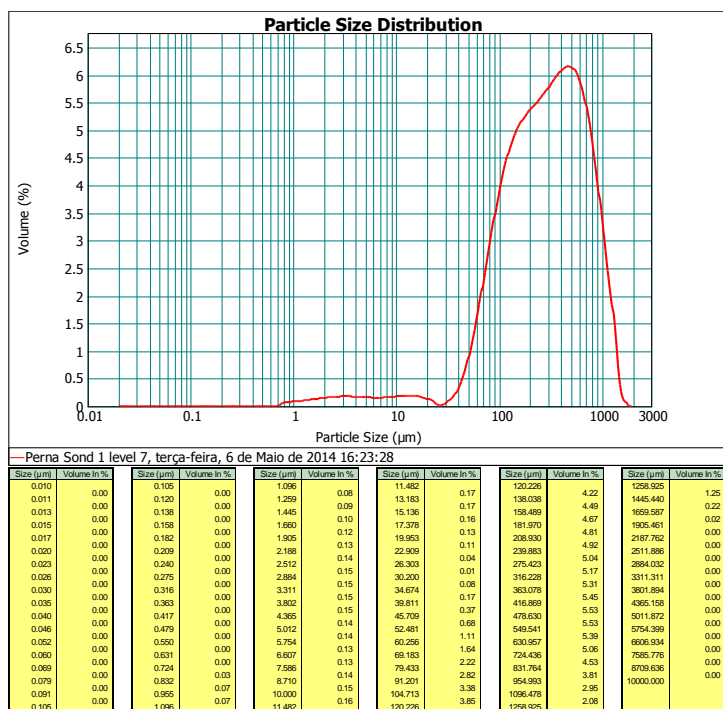
Percentagem entre 0,02 µm e 2 µm: **0,19%**
Percentagem entre 2 µm e 50 µm: **2,74%**
Percentagem entre 50 µm e 200 µm: **22,27%**
Percentagem entre 200 µm e 2000 µm: **74,80%**



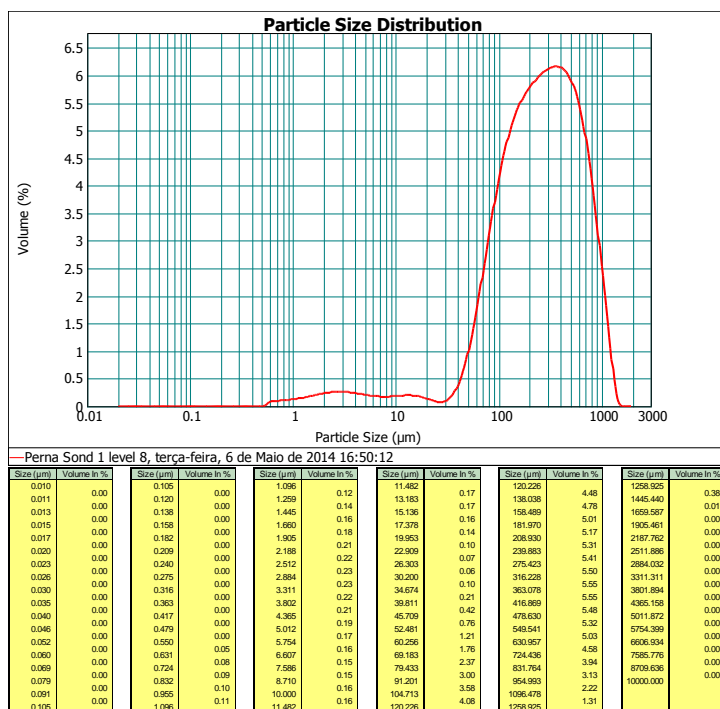
Percentagem entre 0,02 µm e 2 µm: **0,19%**
Percentagem entre 2 µm e 50 µm: **3,18%**
Percentagem entre 50 µm e 200 µm: **20,79%**
Percentagem entre 200 µm e 2000 µm: **75,84%**



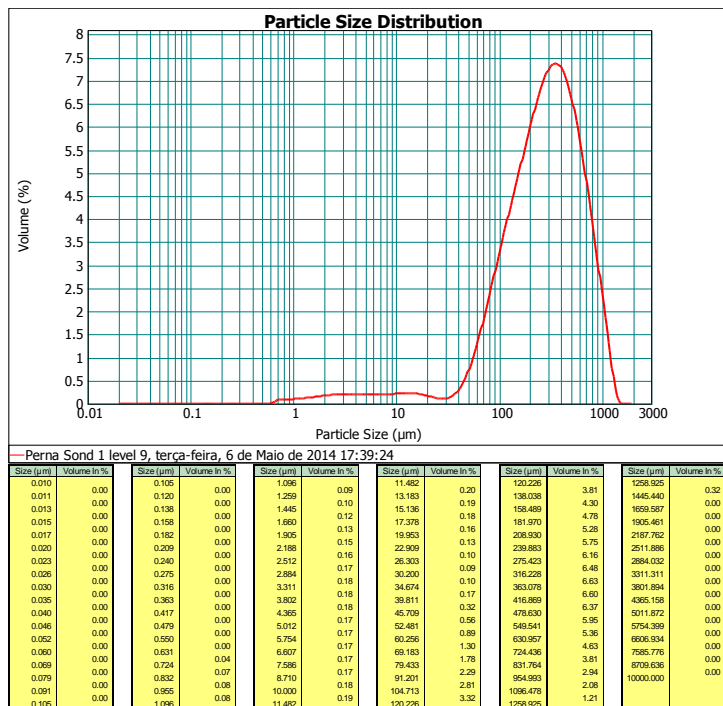
Percentagem entre 0,02 µm e 2 µm: **0,53%**
Percentagem entre 2 µm e 50 µm: **2,67%**
Percentagem entre 50 µm e 200 µm: **23,42%**
Percentagem entre 200 µm e 2000 µm: **73,38%**



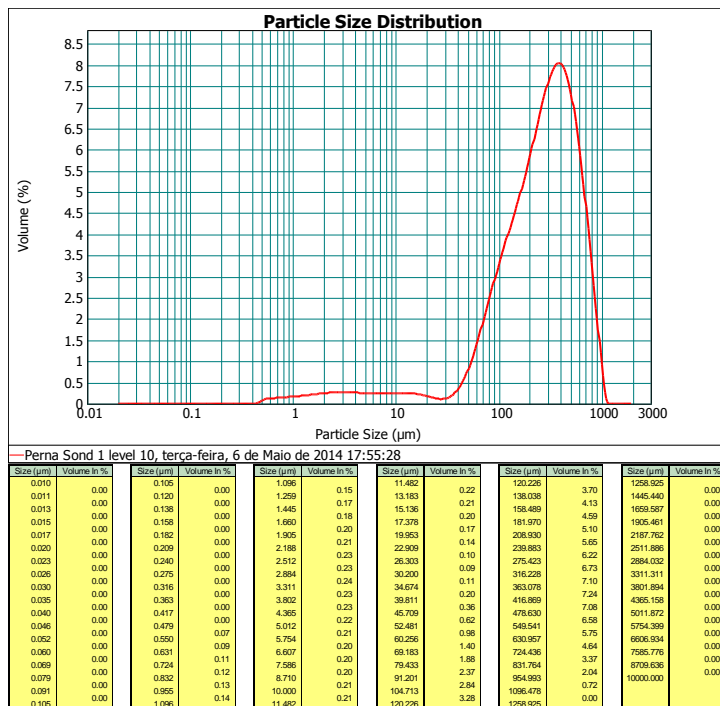
Percentagem entre 0,02 µm e 2 µm: **0,61%**
Percentagem entre 2 µm e 50 µm: **3,63%**
Percentagem entre 50 µm e 200 µm: **31,96%**
Percentagem entre 200 µm e 2000 µm: **63,80%**



Percentagem entre 0,02 µm e 2 µm: **1,1%**
Percentagem entre 2 µm e 50 µm: **4,44%**
Percentagem entre 50 µm e 200 µm: **34,10%**
Percentagem entre 200 µm e 2000 µm: **60,36%**

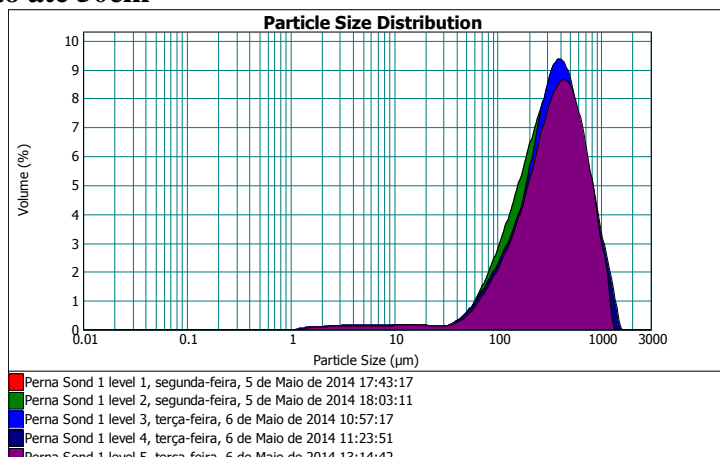
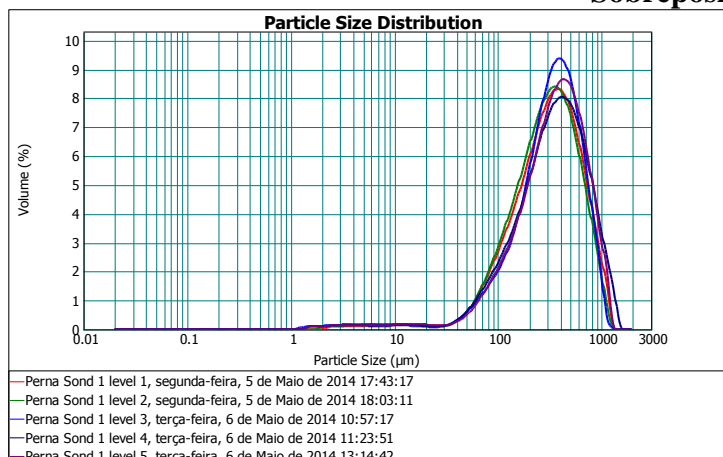


Percentagem entre 0,02 µm e 2 µm: **0,77%**
 Percentagem entre 2 µm e 50 µm: **4,16%**
 Percentagem entre 50 µm e 200 µm: **29,05%**
 Percentagem entre 200 µm e 2000 µm: **66,03%**

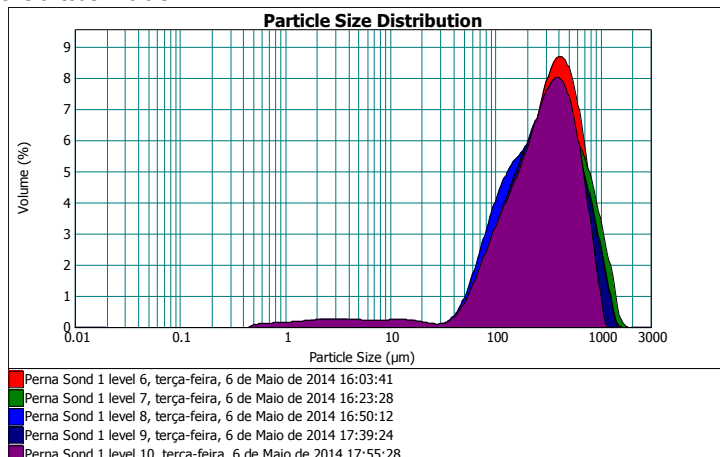
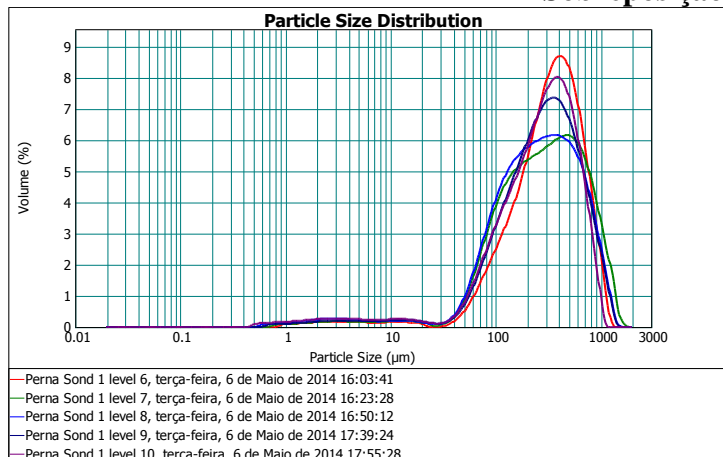


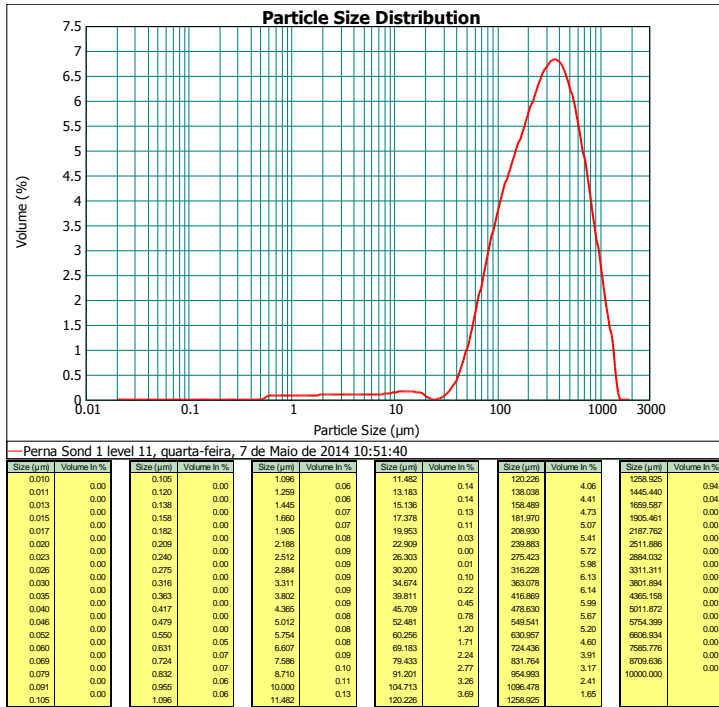
Percentagem entre 0,02 µm e 2 µm: **1,44%**
 Percentagem entre 2 µm e 50 µm: **4,92%**
 Percentagem entre 50 µm e 200 µm: **28,85%**
 Percentagem entre 200 µm e 2000 µm: **64,80%**

Sobreposição até 50cm

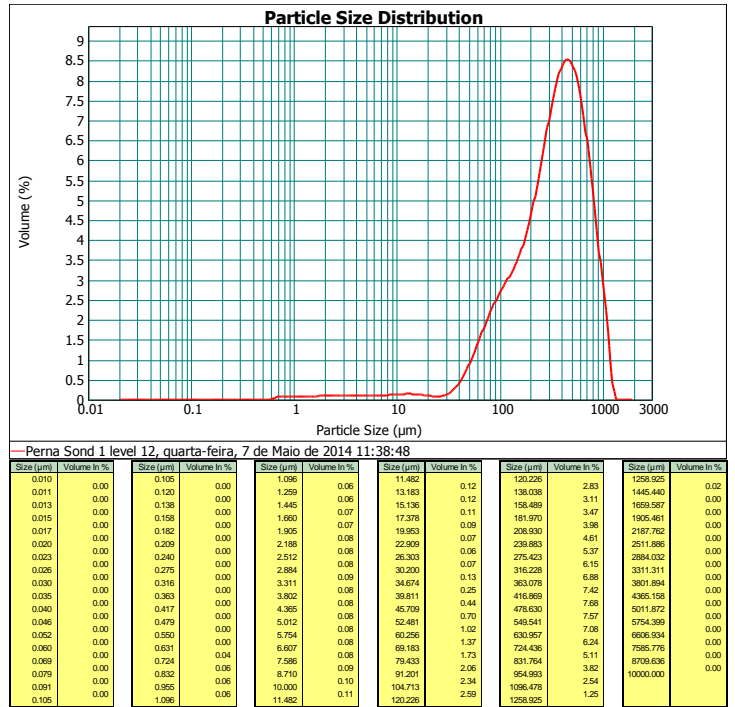


Sobreposição de 60 até 100cm

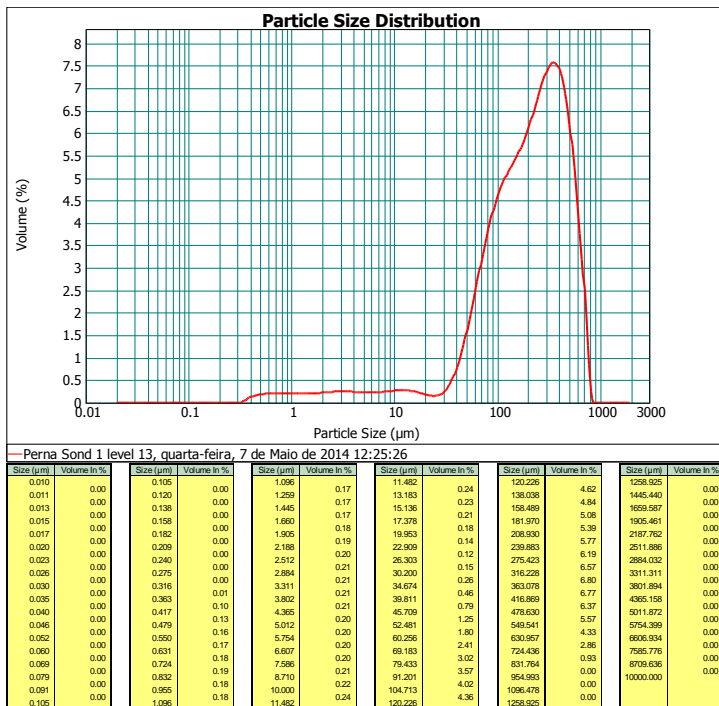




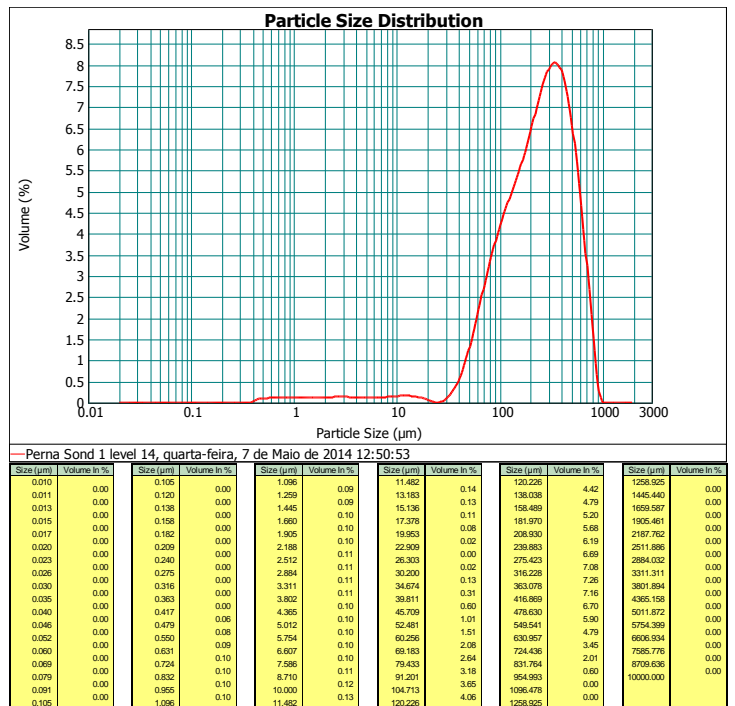
Percentagem entre 0,02 µm e 2 µm: **0,60%**
Percentagem entre 2 µm e 50 µm: **2,97%**
Percentagem entre 50 µm e 200 µm: **31,82%**
Percentagem entre 200 µm e 2000 µm: **64,61%**



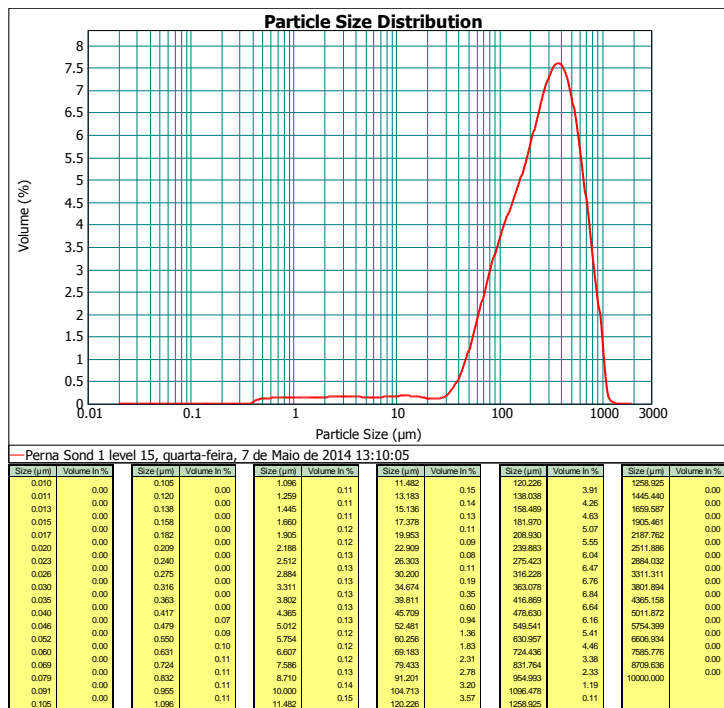
Percentagem entre 0,02 µm e 2 µm: **0,52%**
Percentagem entre 2 µm e 50 µm: **2,96%**
Percentagem entre 50 µm e 200 µm: **23,46%**
Percentagem entre 200 µm e 2000 µm: **73,06%**



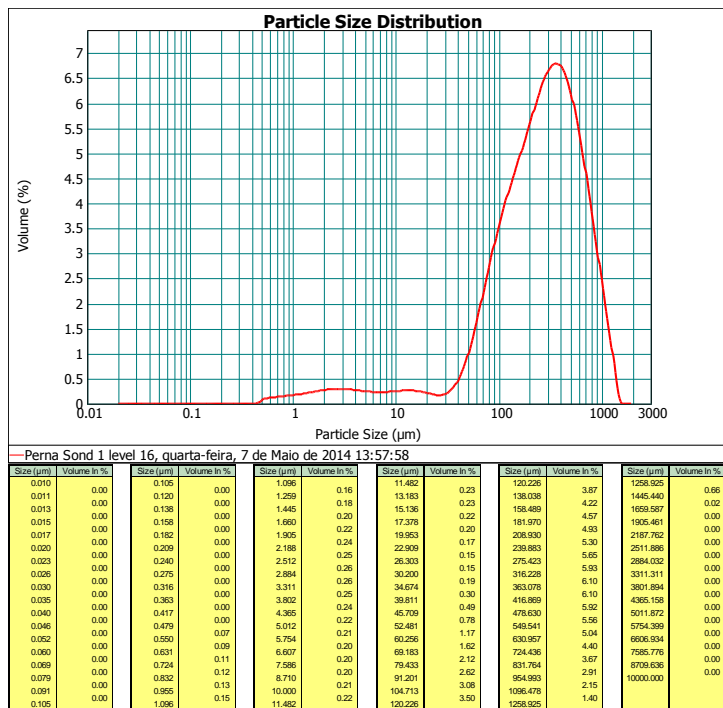
Percentagem entre 0,02 µm e 2 µm: **2,04%**
Percentagem entre 2 µm e 50 µm: **6,17%**
Percentagem entre 50 µm e 200 µm: **37,87%**
Percentagem entre 200 µm e 2000 µm: **53,91%**



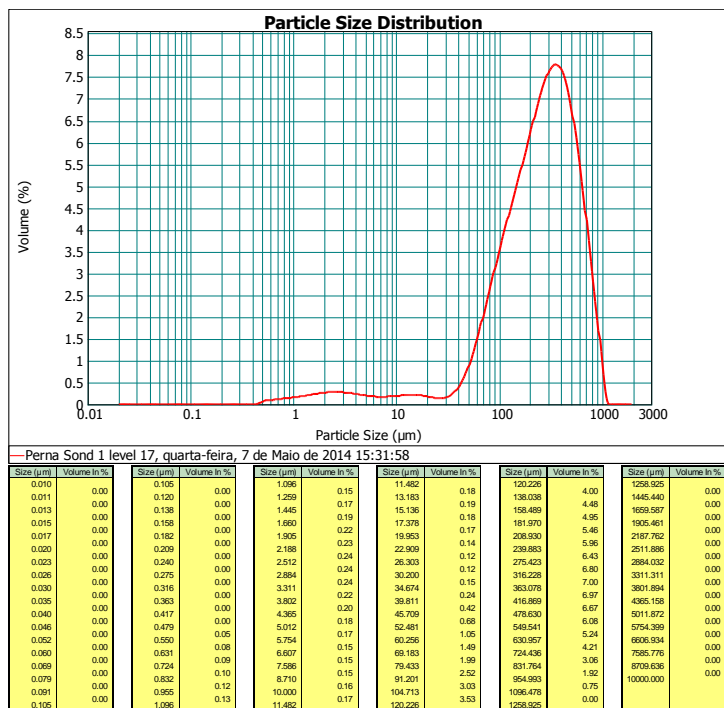
Percentagem entre 0,02 µm e 2 µm: **1,5%**
Percentagem entre 2 µm e 50 µm: **3,53%**
Percentagem entre 50 µm e 200 µm: **35,76%**
Percentagem entre 200 µm e 2000 µm: **59,66%**



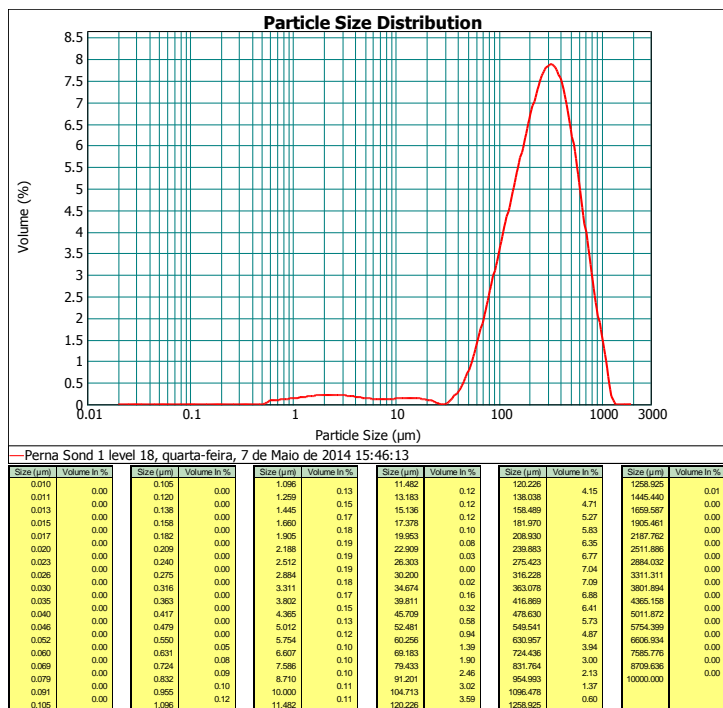
Percentagem entre 0,02 µm e 2 µm: **1,2%**
Percentagem entre 2 µm e 50 µm: **4,17%**
Percentagem entre 50 µm e 200 µm: **31,63%**
Percentagem entre 200 µm e 2000 µm: **63,01%**



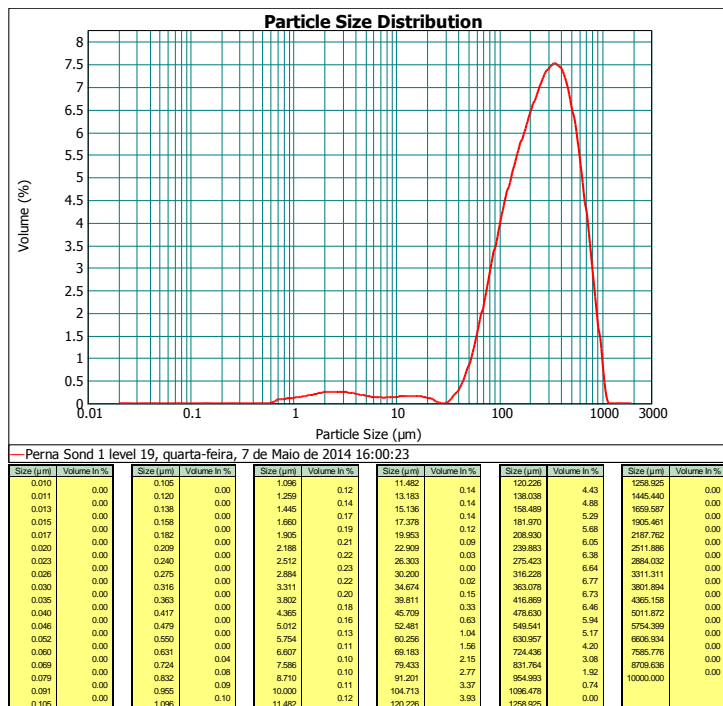
Percentagem entre 0,02 µm e 2 µm: **1,52%**
Percentagem entre 2 µm e 50 µm: **5,67%**
Percentagem entre 50 µm e 200 µm: **30,40%**
Percentagem entre 200 µm e 2000 µm: **62,42%**



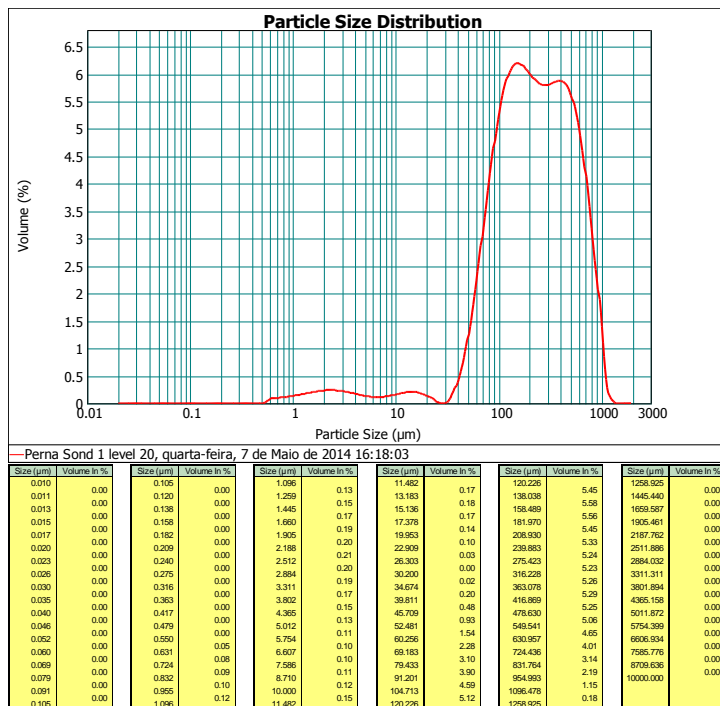
Percentagem entre 0,02 µm e 2 µm: **1,39%**
Percentagem entre 2 µm e 50 µm: **4,47%**
Percentagem entre 50 µm e 200 µm: **31%**
Percentagem entre 200 µm e 2000 µm: **62,87%**



Percentagem entre 0,02 µm e 2 µm: **1,14%**
Percentagem entre 2 µm e 50 µm: **3,17%**
Percentagem entre 50 µm e 200 µm: **31,61%**
Percentagem entre 200 µm e 2000 µm: **64,08%**

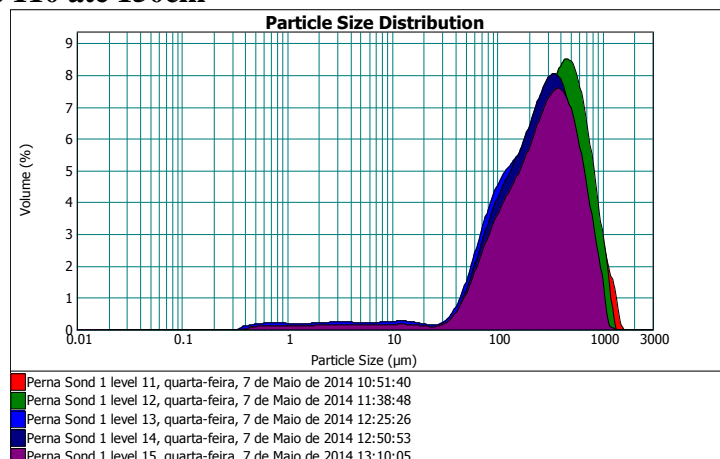
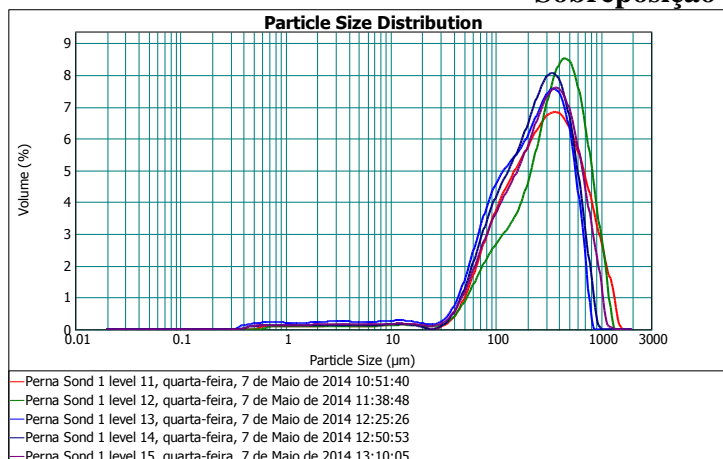


Percentagem entre 0,02 µm e 2 µm: **0,99%**
 Percentagem entre 2 µm e 50 µm: **3,57%**
 Percentagem entre 50 µm e 200 µm: **33,53%**
 Percentagem entre 200 µm e 2000 µm: **61,91%**

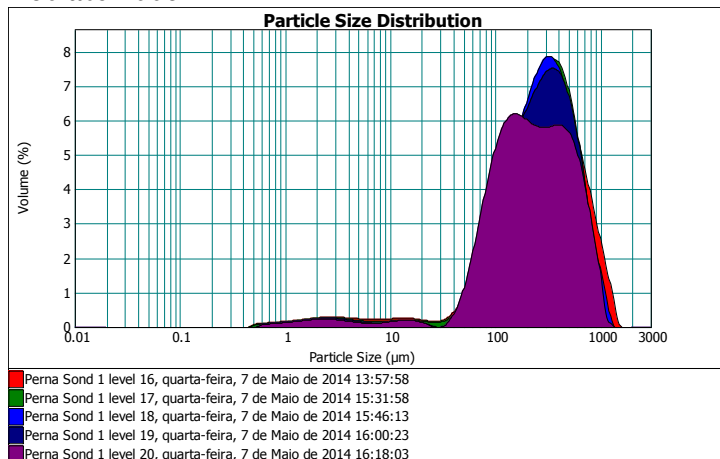
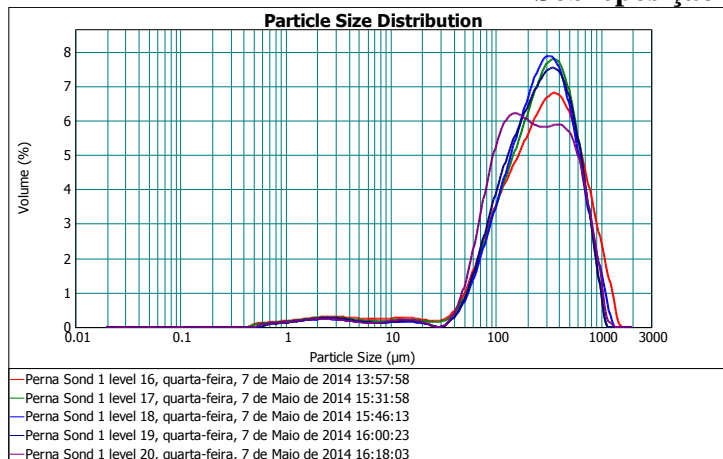


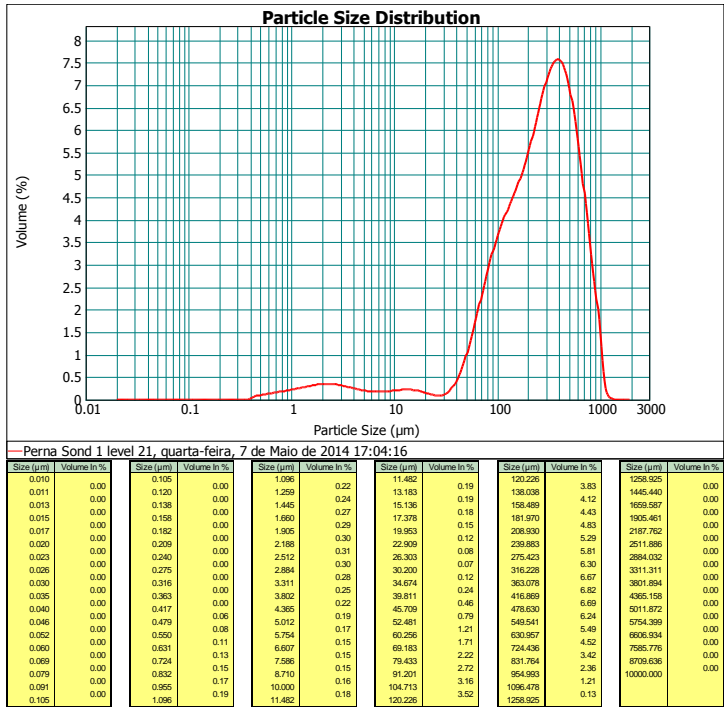
Percentagem entre 0,02 µm e 2 µm: **1,16%**
 Percentagem entre 2 µm e 50 µm: **3,89%**
 Percentagem entre 50 µm e 200 µm: **41,24%**
 Percentagem entre 200 µm e 2000 µm: **53,71%**

Sobreposição de 110 até 150cm

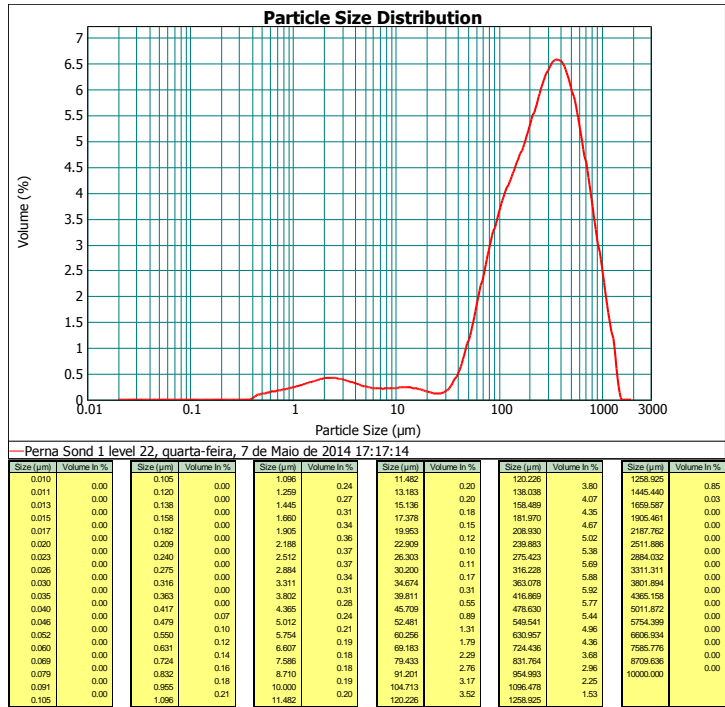


Sobreposição de 160 até 200cm

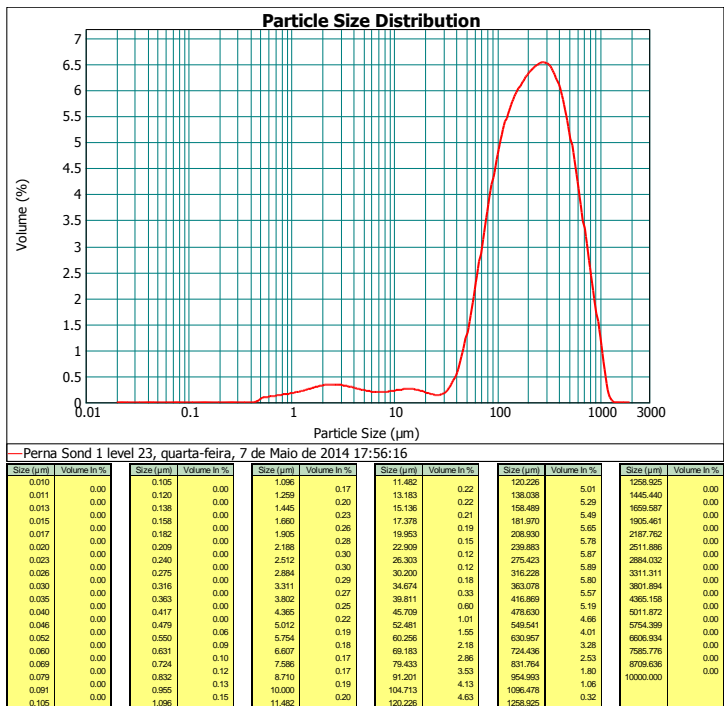




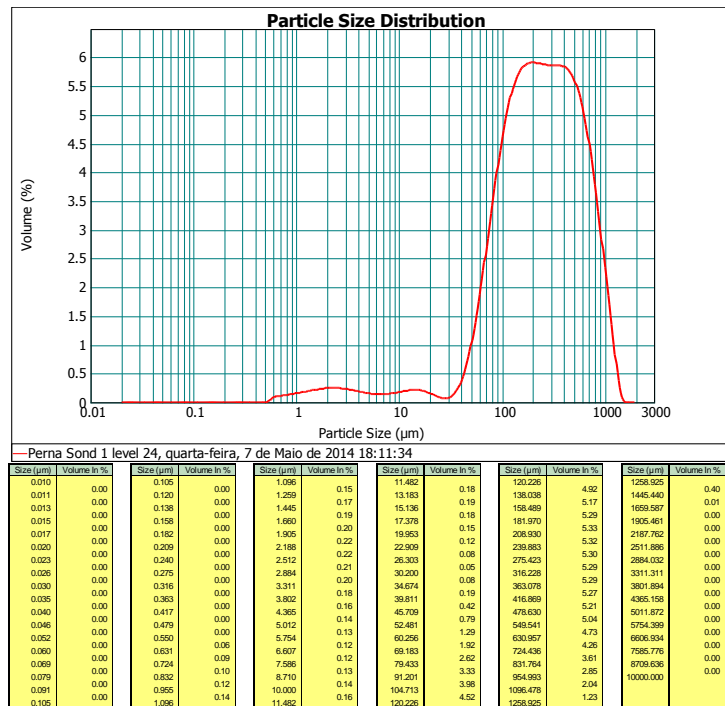
Percentagem entre 0,02 µm e 2 µm: **2,01%**
Percentagem entre 2 µm e 50 µm: **4,96%**
Percentagem entre 50 µm e 200 µm: **30,50%**
Percentagem entre 200 µm e 2000 µm: **62,52%**



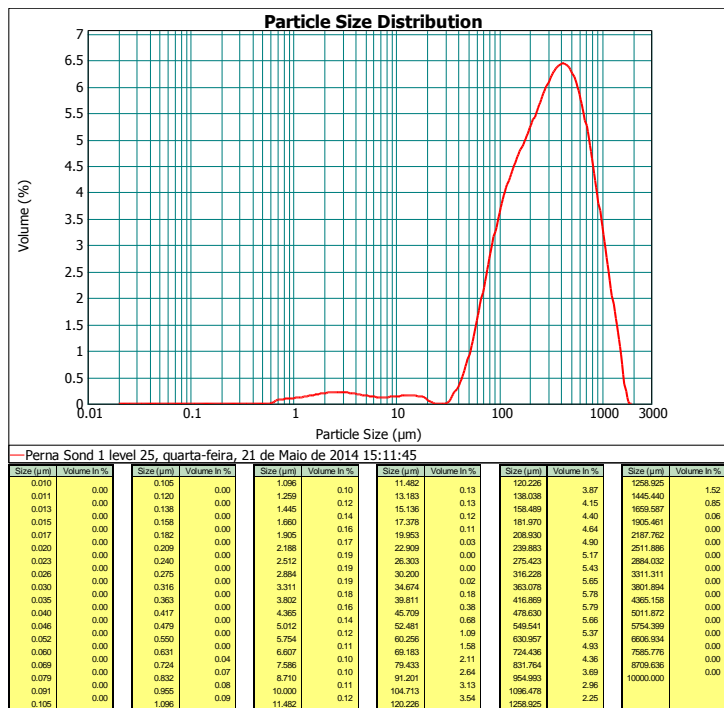
Percentagem entre 0,02 µm e 2 µm: **2,25%**
Percentagem entre 2 µm e 50 µm: **5,94%**
Percentagem entre 50 µm e 200 µm: **30,58%**
Percentagem entre 200 µm e 2000 µm: **61,24%**



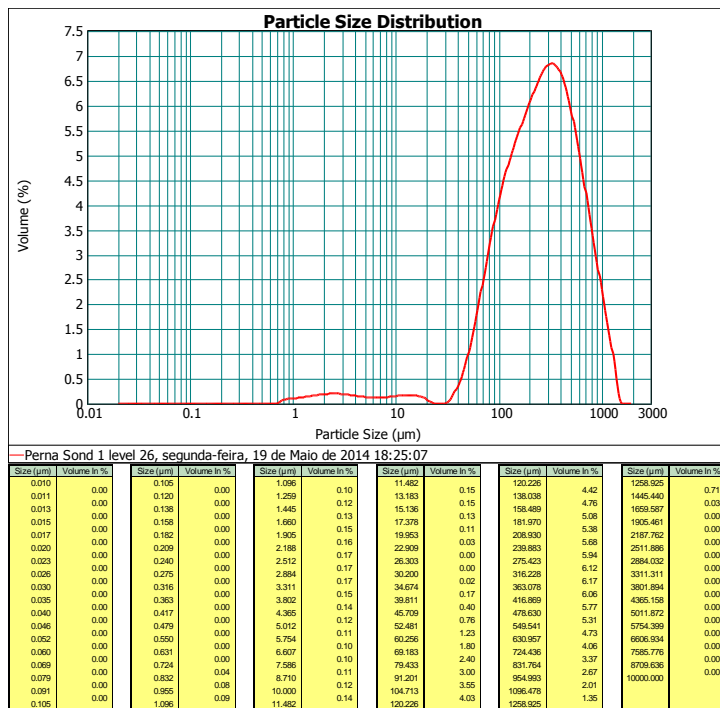
Percentagem entre 0,02 µm e 2 µm: **1,61%**
Percentagem entre 2 µm e 50 µm: **5,88%**
Percentagem entre 50 µm e 200 µm: **38,93%**
Percentagem entre 200 µm e 2000 µm: **53,58%**



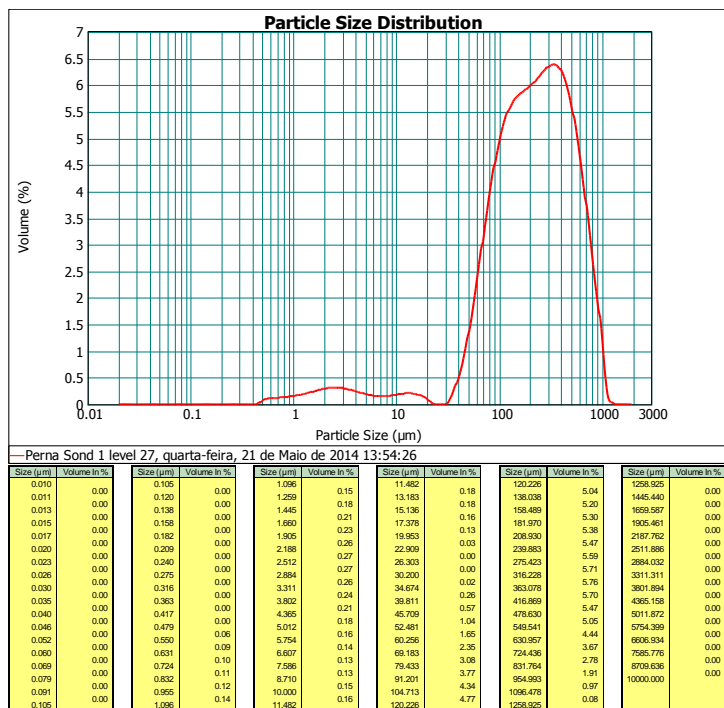
Percentagem entre 0,02 µm e 2 µm: **1,30%**
Percentagem entre 2 µm e 50 µm: **4,16%**
Percentagem entre 50 µm e 200 µm: **37,02%**
Percentagem entre 200 µm e 2000 µm: **57,52%**



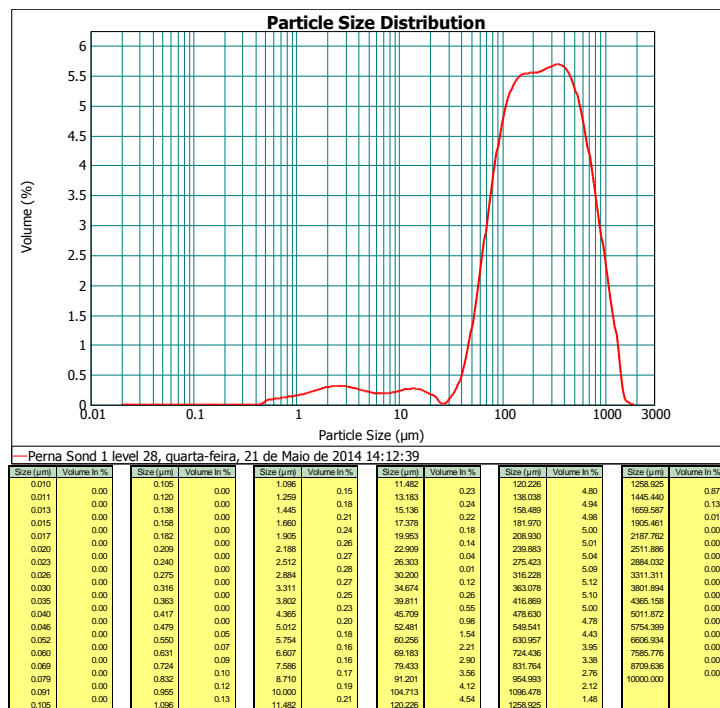
Percentagem entre 0,02 µm e 2 µm: **0,84%**
Percentagem entre 2 µm e 50 µm: **3,33%**
Percentagem entre 50 µm e 200 µm: **29,95%**
Percentagem entre 200 µm e 2000 µm: **65,88%**



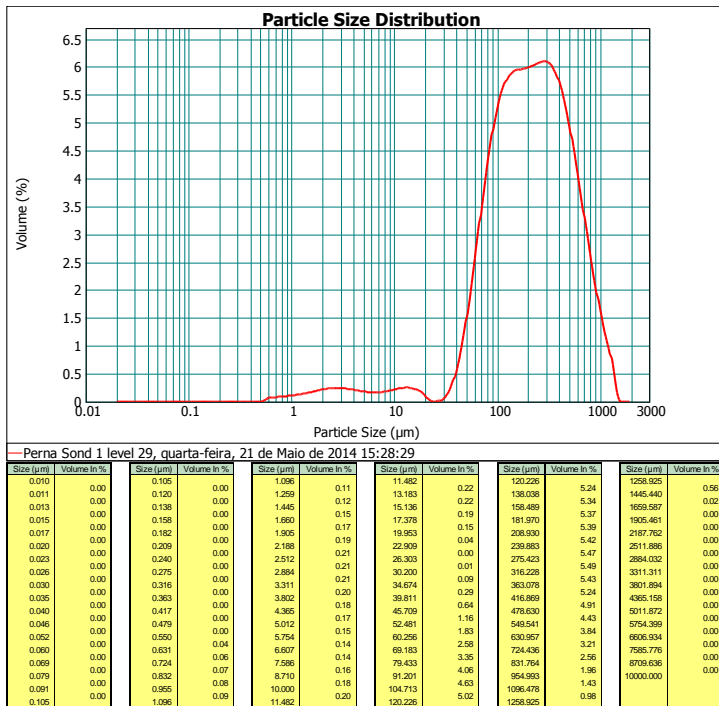
Percentagem entre 0,02 µm e 2 µm: **0,75%**
Percentagem entre 2 µm e 50 µm: **3,30%**
Percentagem entre 50 µm e 200 µm: **34,24%**
Percentagem entre 200 µm e 2000 µm: **61,71%**



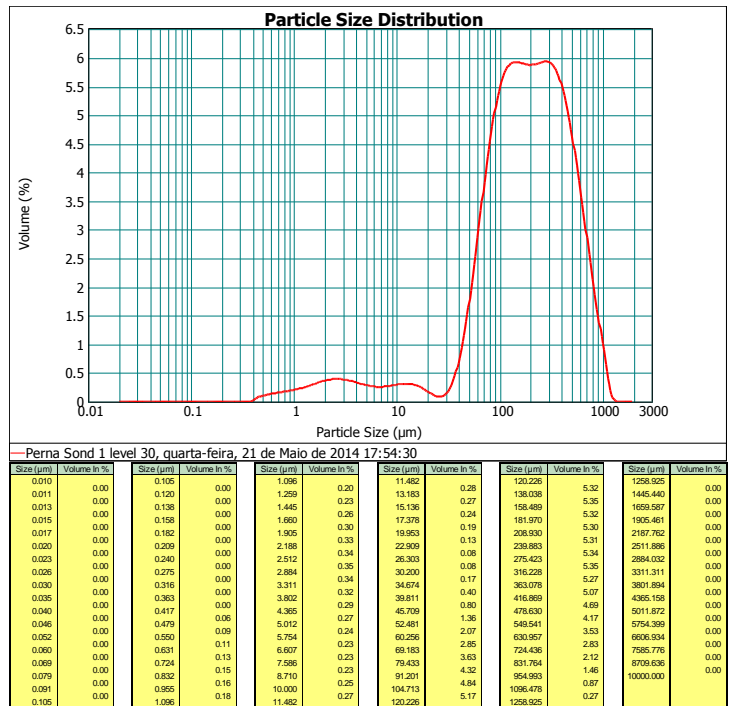
Percentagem entre 0,02 µm e 2 µm: **1,48%**
Percentagem entre 2 µm e 50 µm: **4,61%**
Percentagem entre 50 µm e 200 µm: **39,59%**
Percentagem entre 200 µm e 2000 µm: **54,31%**



Percentagem entre 0,02 µm e 2 µm: **1,42%**
Percentagem entre 2 µm e 50 µm: **5,31%**
Percentagem entre 50 µm e 200 µm: **37,42%**
Percentagem entre 200 µm e 2000 µm: **55,85%**

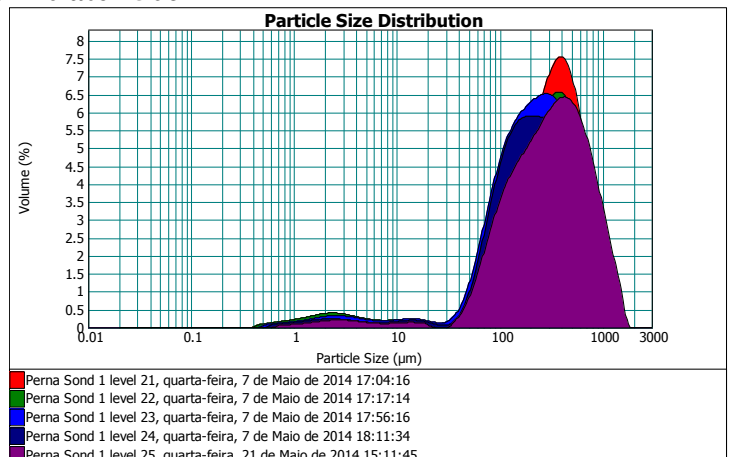
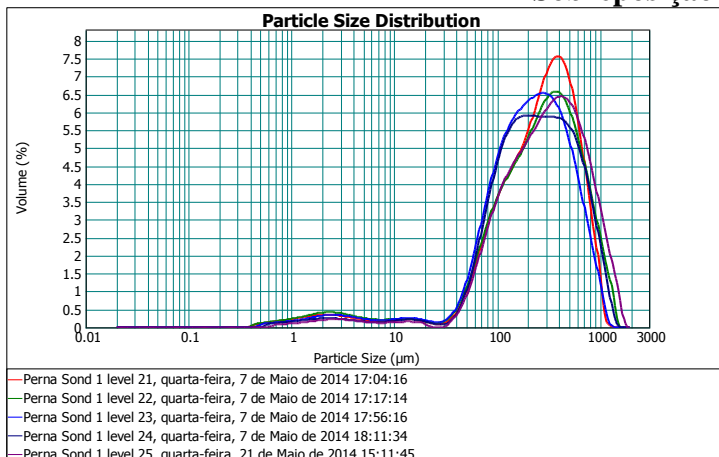


Percentagem entre 0,02 µm e 2 µm: **0,96%**
 Percentagem entre 2 µm e 50 µm: **4,81%**
 Percentagem entre 50 µm e 200 µm: **41,57%**
 Percentagem entre 200 µm e 2000 µm: **52,66%**

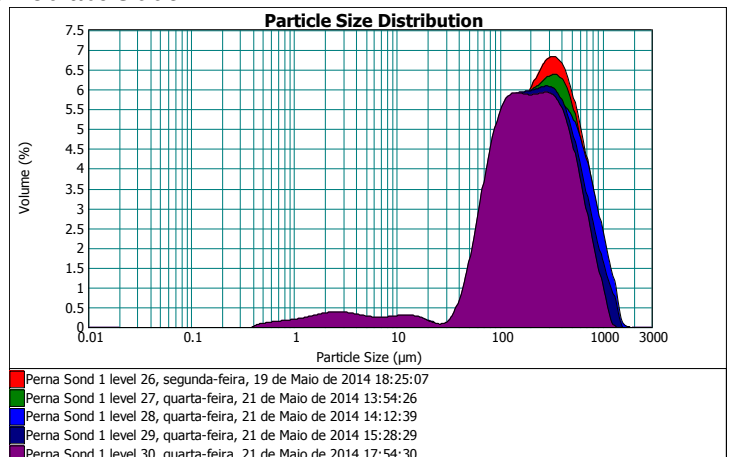
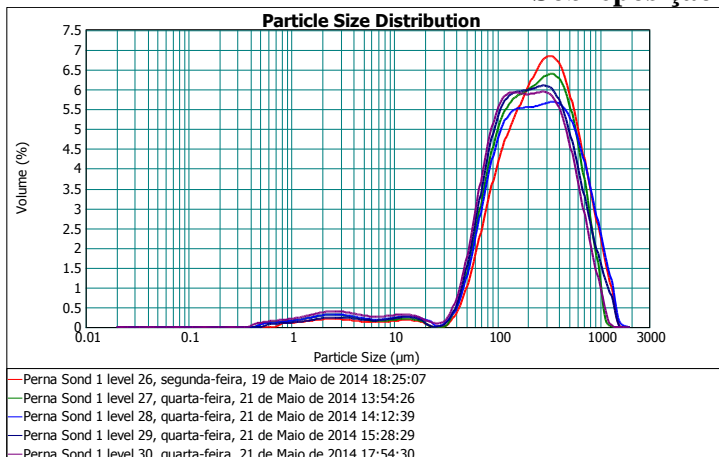


Percentagem entre 0,02 µm e 2 µm: **1,98%**
 Percentagem entre 2 µm e 50 µm: **7,02%**
 Percentagem entre 50 µm e 200 µm: **43,04%**
 Percentagem entre 200 µm e 2000 µm: **47,95%**

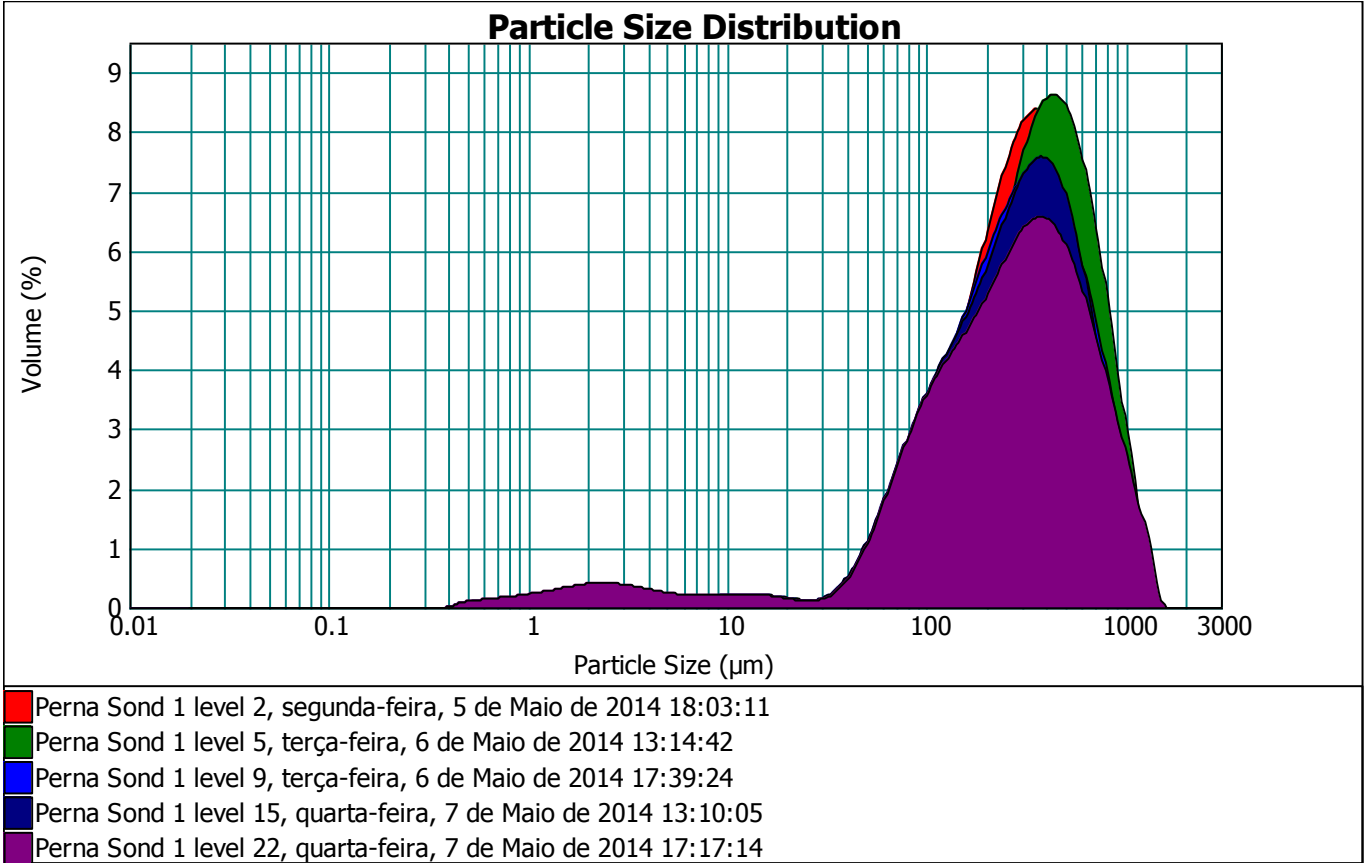
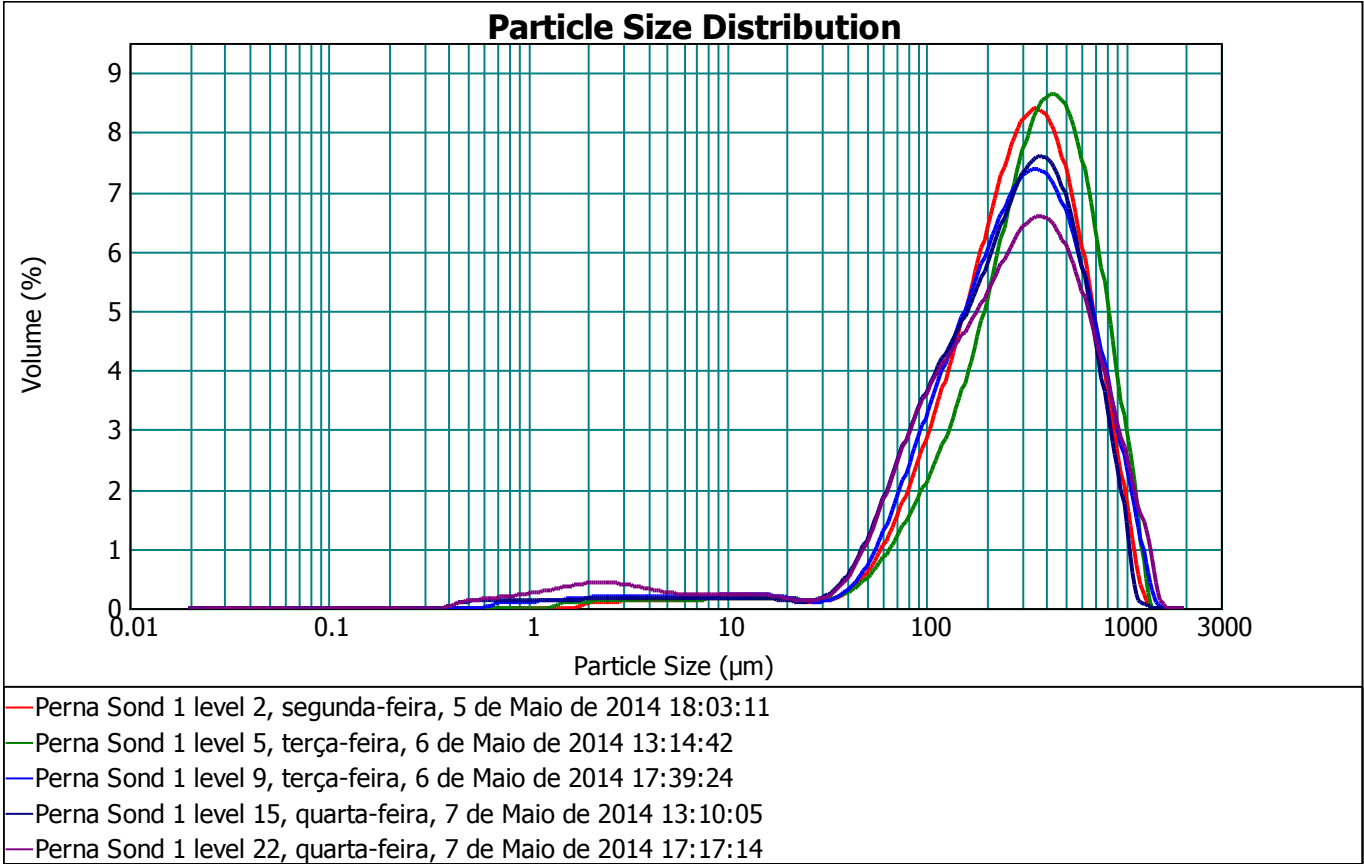
Sobreposição de 210 até 250cm



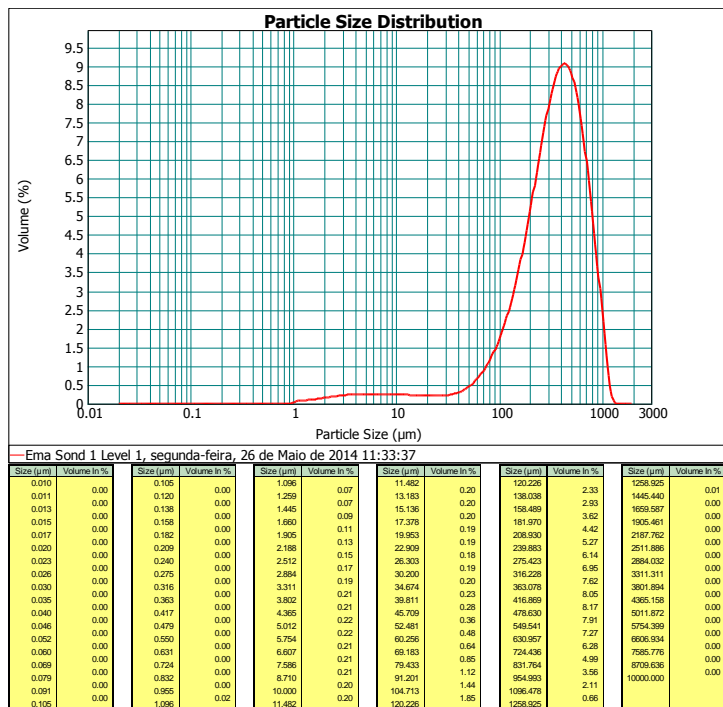
Sobreposição de 260 até 300cm



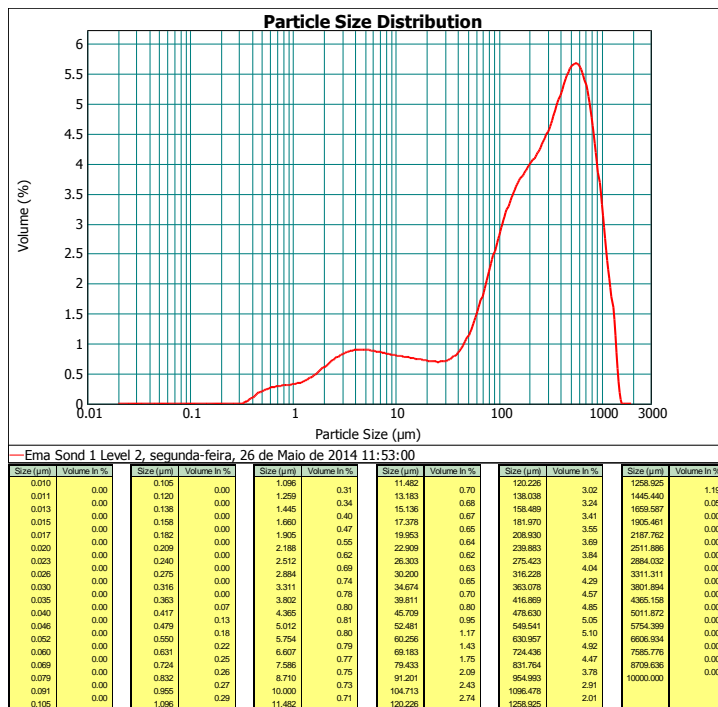
Sobreposição correspondente ao nível das amostras de micromorfologia coletadas no PernaI (15cm, 50cm, 90cm, 150cm, 220cm)



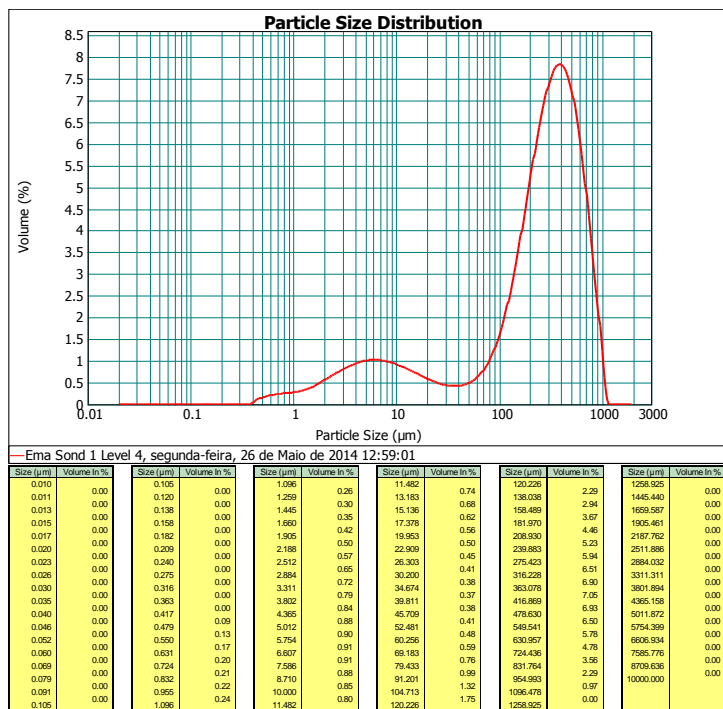
Granulometria do EmaI/ 10 – 10cm



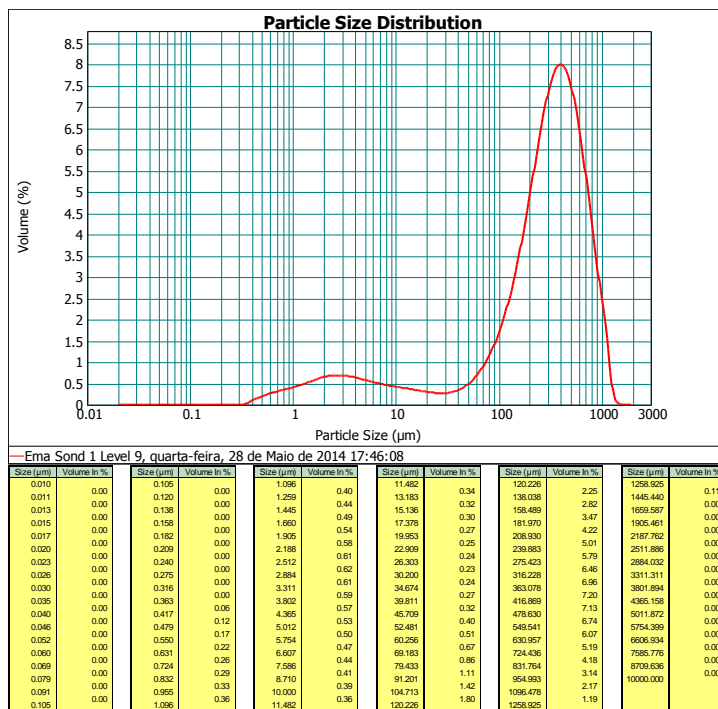
Percentagem entre 0,02 µm e 2 µm: **0,4%**
 Percentagem entre 2 µm e 50 µm: **4,77%**
 Percentagem entre 50 µm e 200 µm: **18,33%**
 Percentagem entre 200 µm e 2000 µm: **76,49%**



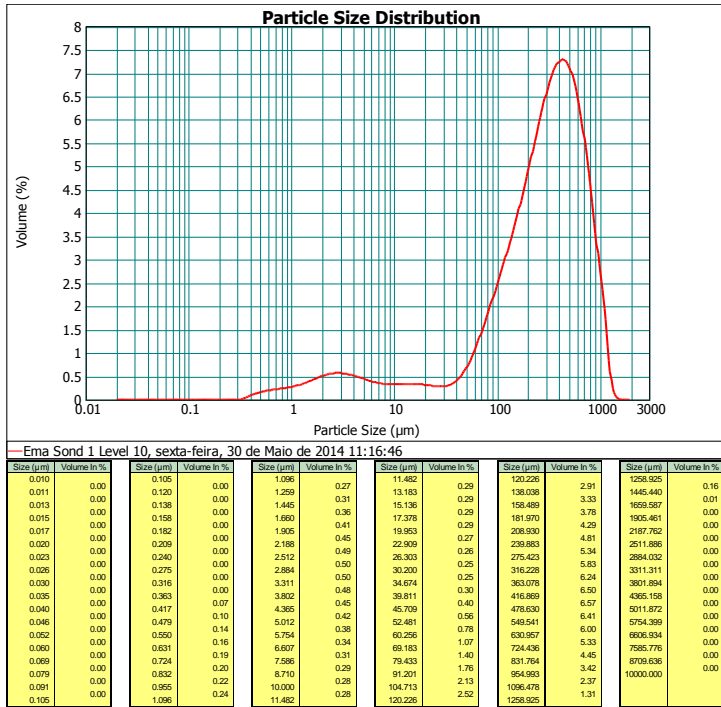
Percentagem entre 0,02 µm e 2 µm: **3,38%**
 Percentagem entre 2 µm e 50 µm: **16,68%**
 Percentagem entre 50 µm e 200 µm: **24,04%**
 Percentagem entre 200 µm e 2000 µm: **55,90%**



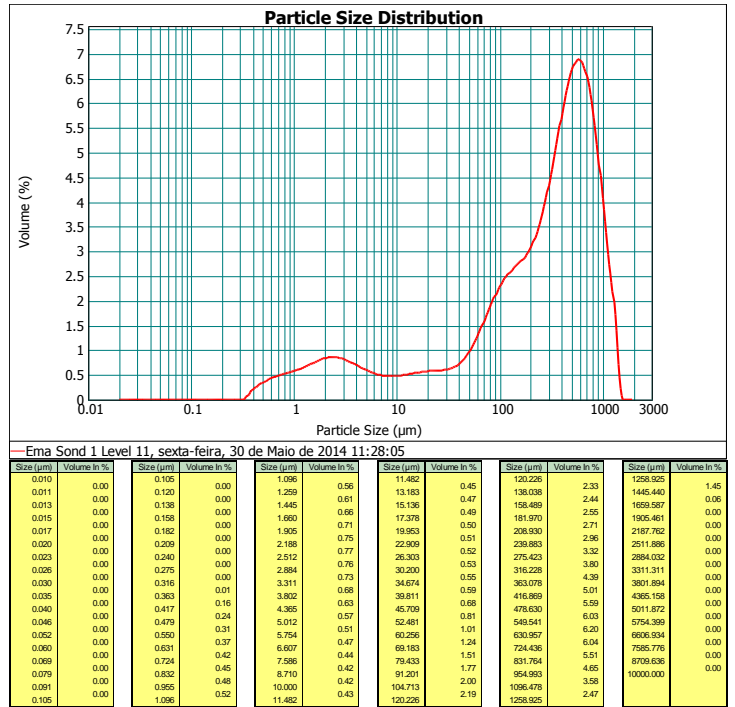
Percentagem entre 0,02 µm e 2 µm: **2,77%**
 Percentagem entre 2 µm e 50 µm: **15,39%**
 Percentagem entre 50 µm e 200 µm: **17,90%**
 Percentagem entre 200 µm e 2000 µm: **63,94%**



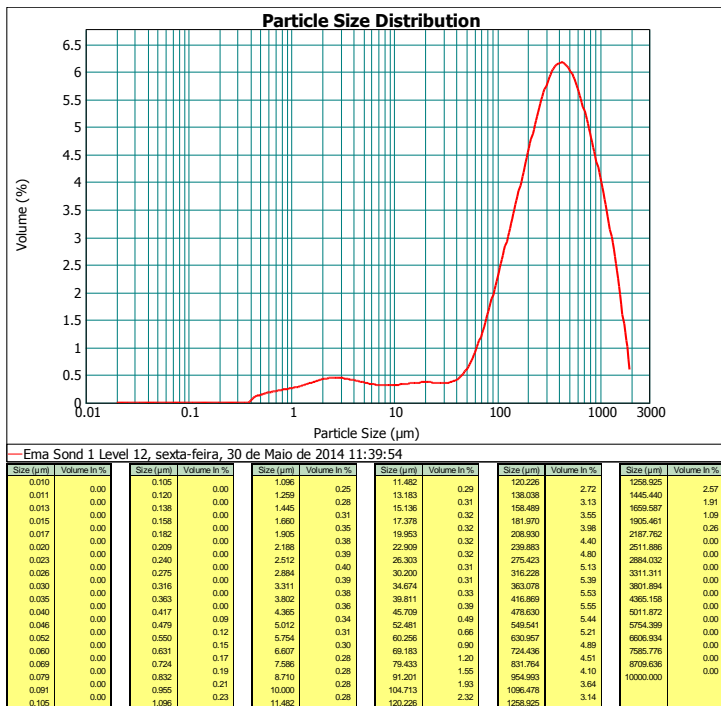
Percentagem entre 0,02 µm e 2 µm: **3,88%**
 Percentagem entre 2 µm e 50 µm: **9,49%**
 Percentagem entre 50 µm e 200 µm: **17,86%**
 Percentagem entre 200 µm e 2000 µm: **68,77%**



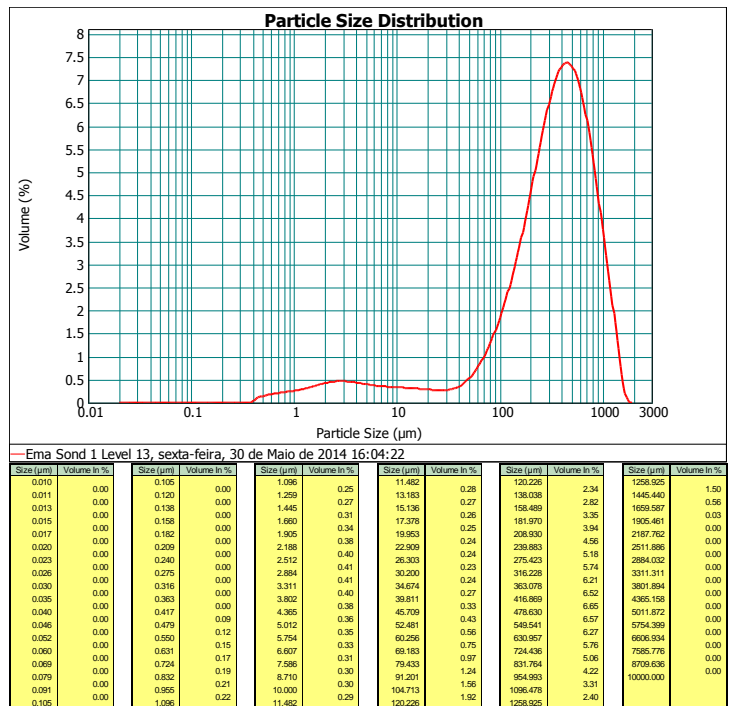
Percentagem entre 0,02 µm e 2 µm: **2,81%**
Percentagem entre 2 µm e 50 µm: **8,25%**
Percentagem entre 50 µm e 200 µm: **22,77%**
Percentagem entre 200 µm e 2000 µm: **66,16%**



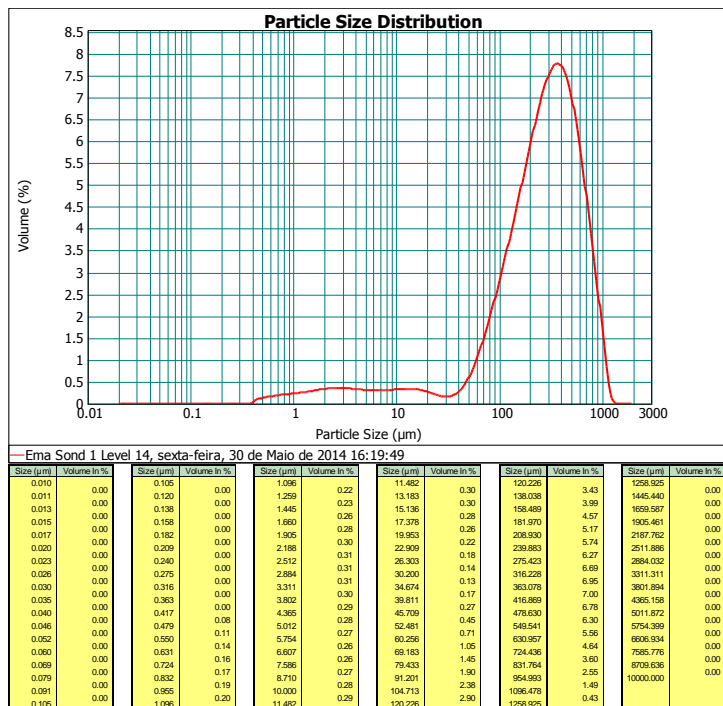
Percentagem entre 0,02 µm e 2 µm: **5,77%**
Percentagem entre 2 µm e 50 µm: **13,10%**
Percentagem entre 50 µm e 200 µm: **19,19%**
Percentagem entre 200 µm e 2000 µm: **61,94%**



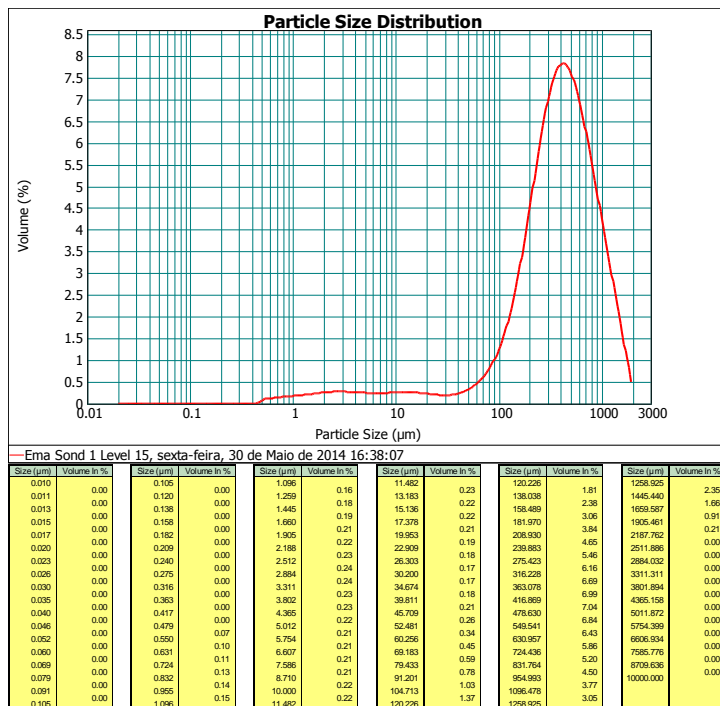
Percentagem entre 0,02 µm e 2 µm: **2,51%**
Percentagem entre 2 µm e 50 µm: **7,78%**
Percentagem entre 50 µm e 200 µm: **20,85%**
Percentagem entre 200 µm e 2000 µm: **68,87%**



Percentagem entre 0,02 µm e 2 µm: **2,46%**
Percentagem entre 2 µm e 50 µm: **7,39%**
Percentagem entre 50 µm e 200 µm: **18,31%**
Percentagem entre 200 µm e 2000 µm: **71,84%**

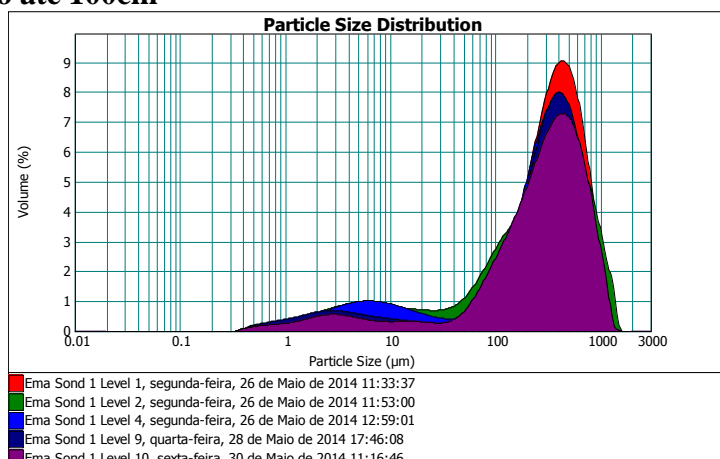
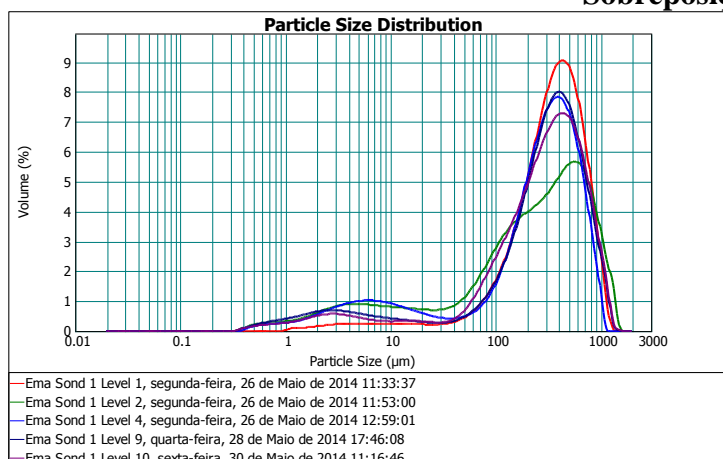


Percentagem entre 0,02 µm e 2 µm: **2,13%**
 Percentagem entre 2 µm e 50 µm: **6,15%**
 Percentagem entre 50 µm e 200 µm: **26,04%**
 Percentagem entre 200 µm e 2000 µm: **65,68%**

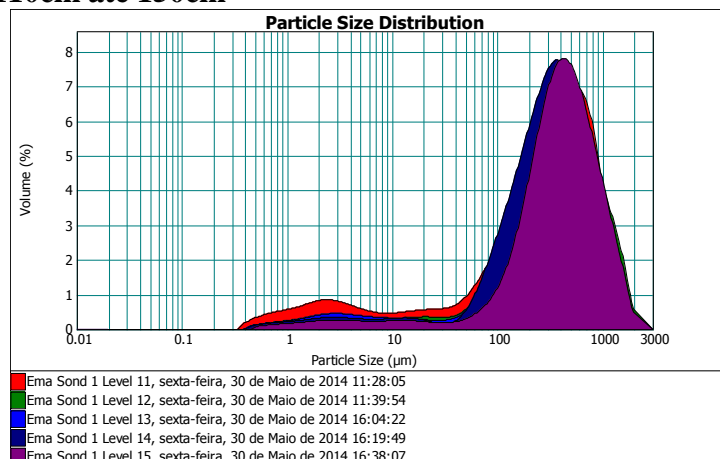
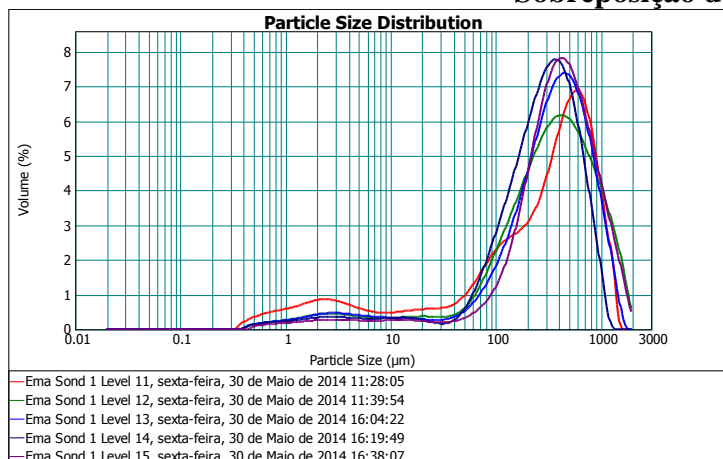


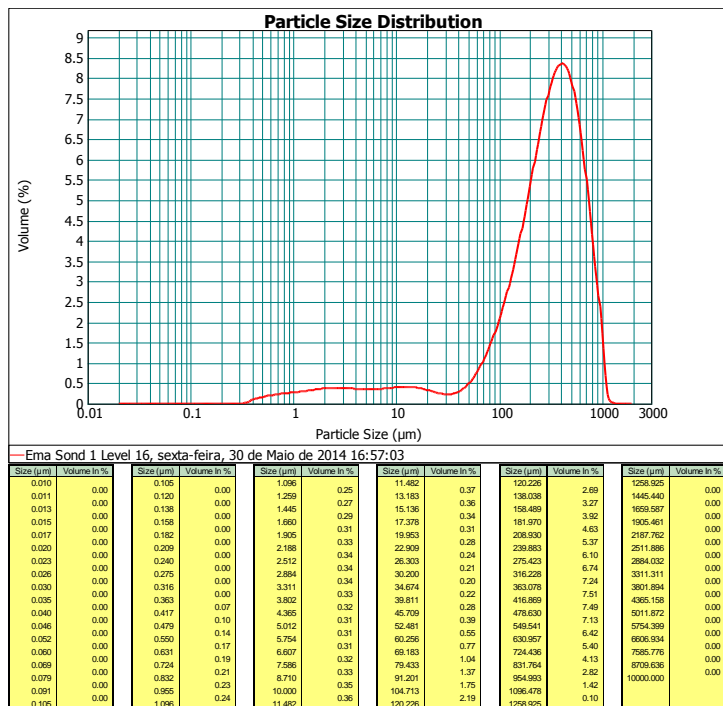
Percentagem entre 0,02 µm e 2 µm: **1,52%**
 Percentagem entre 2 µm e 50 µm: **4,96%**
 Percentagem entre 50 µm e 200 µm: **14,44%**
 Percentagem entre 200 µm e 2000 µm: **79,07%**

Sobreposição até 100cm

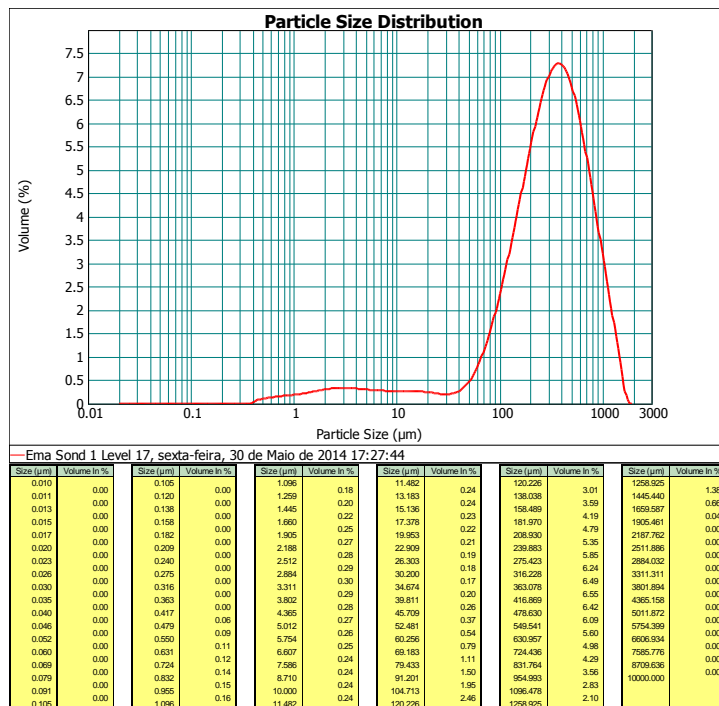


Sobreposição de 110cm até 150cm

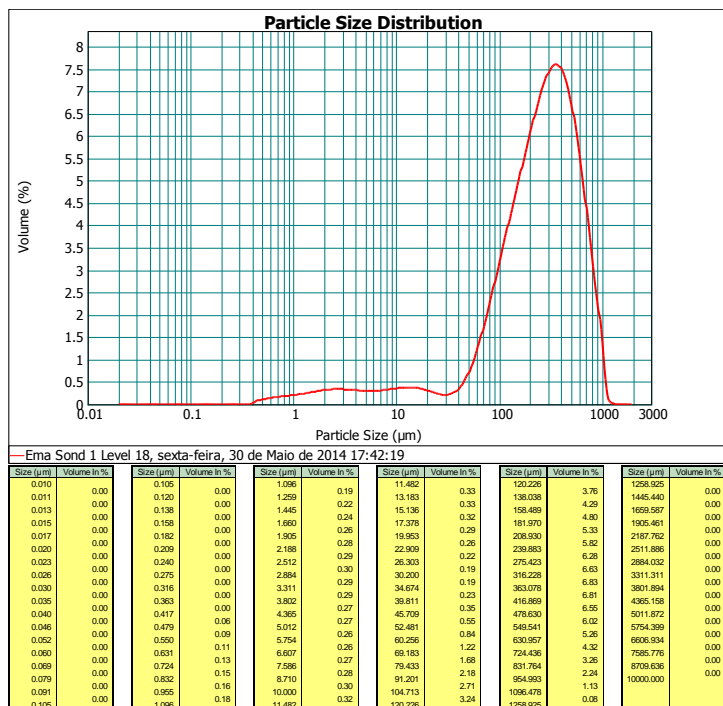




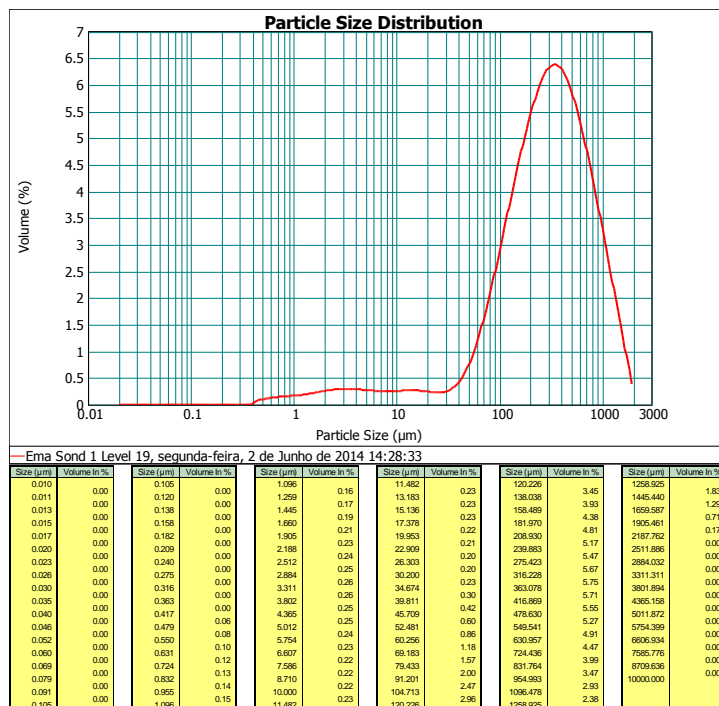
Percentagem entre 0,02 µm e 2 µm: **2,60%**
Percentagem entre 2 µm e 50 µm: **7,19%**
Percentagem entre 50 µm e 200 µm: **20,80%**
Percentagem entre 200 µm e 2000 µm: **69,41%**



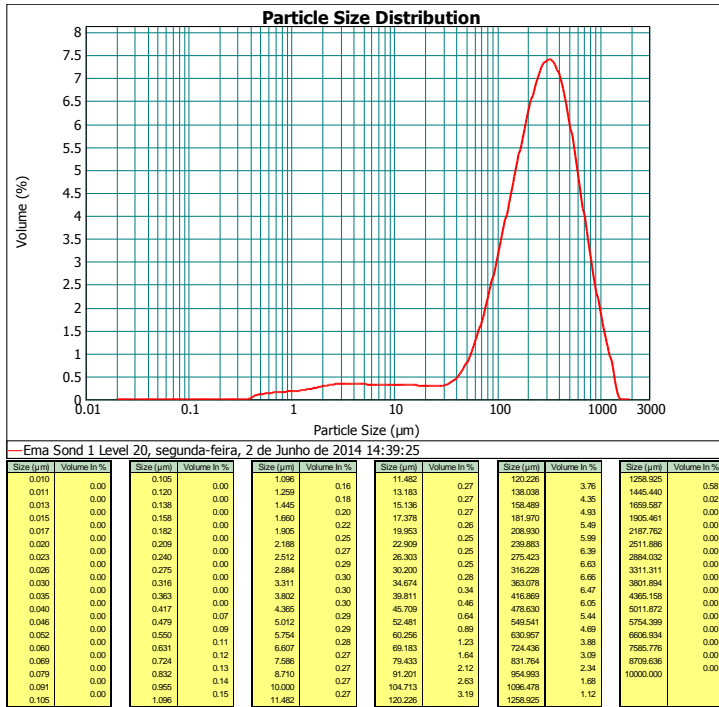
Percentagem entre 0,02 µm e 2 µm: **1,77%**
Percentagem entre 2 µm e 50 µm: **5,71%**
Percentagem entre 50 µm e 200 µm: **22,51%**
Percentagem entre 200 µm e 2000 µm: **70,01%**



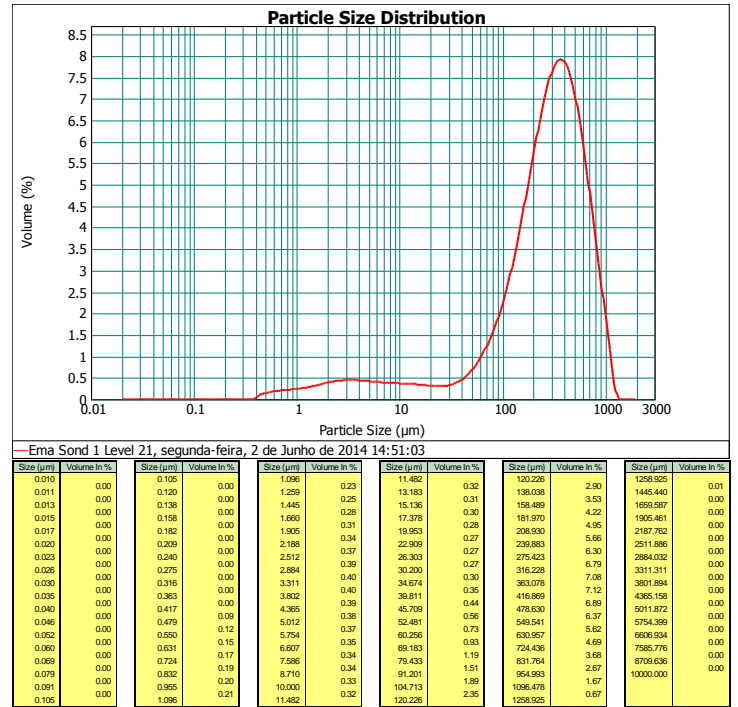
Percentagem entre 0,02 µm e 2 µm: **1,90%**
Percentagem entre 2 µm e 50 µm: **6,61%**
Percentagem entre 50 µm e 200 µm: **28,53%**
Percentagem entre 200 µm e 2000 µm: **62,96%**



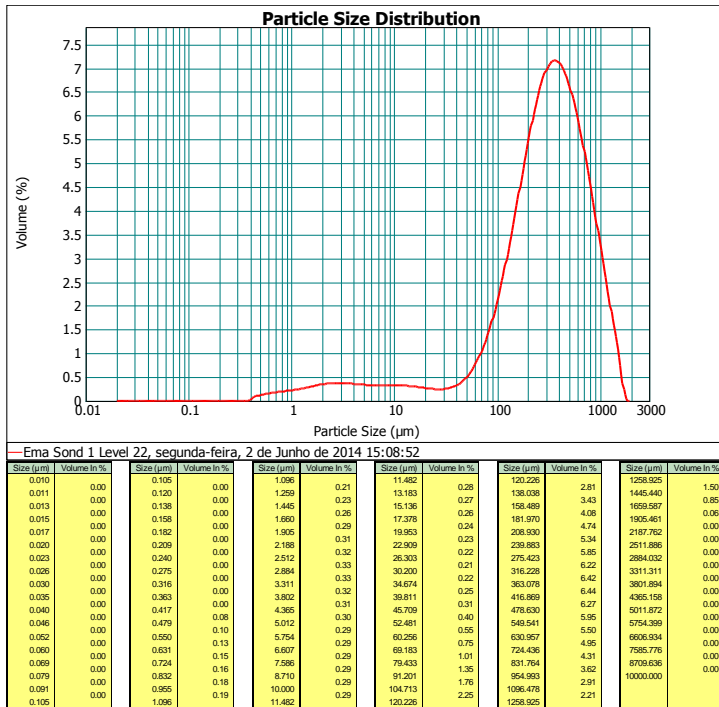
Percentagem entre 0,02 µm e 2 µm: **1,57%**
Percentagem entre 2 µm e 50 µm: **5,86%**
Percentagem entre 50 µm e 200 µm: **26,28%**
Percentagem entre 200 µm e 2000 µm: **66,29%**



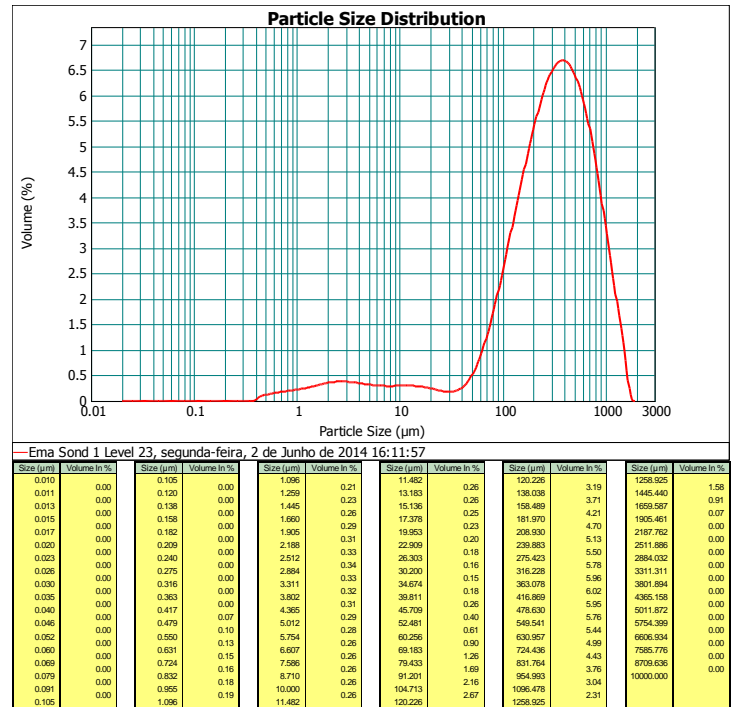
Percentagem entre 0,02 µm e 2 µm: **1,66%**
Percentagem entre 2 µm e 50 µm: **6,85%**
Percentagem entre 50 µm e 200 µm: **28,69%**
Percentagem entre 200 µm e 2000 µm: **62,81%**



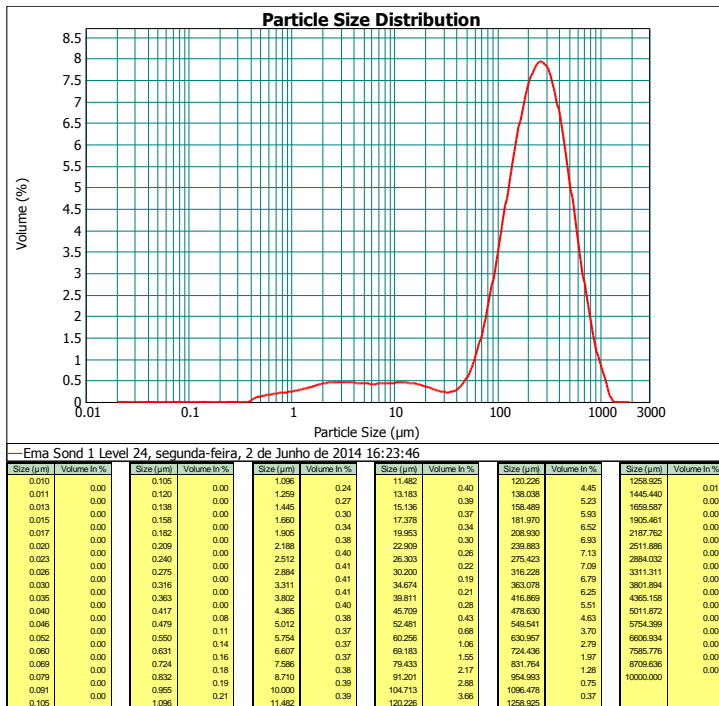
Percentagem entre 0,02 µm e 2 µm: **2,32%**
Percentagem entre 2 µm e 50 µm: **8,06%**
Percentagem entre 50 µm e 200 µm: **22,77%**
Percentagem entre 200 µm e 2000 µm: **66,86%**



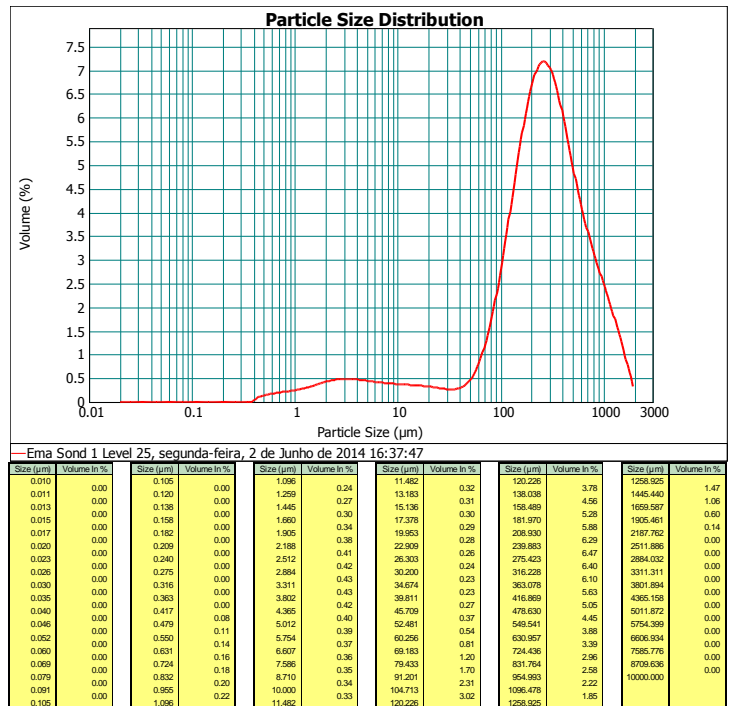
Percentagem entre 0,02 µm e 2 µm: **2,08%**
Percentagem entre 2 µm e 50 µm: **6,61%**
Percentagem entre 50 µm e 200 µm: **21,31%**
Percentagem entre 200 µm e 2000 µm: **69,99%**



Percentagem entre 0,02 µm e 2 µm: **2,08%**
Percentagem entre 2 µm e 50 µm: **6,05%**
Percentagem entre 50 µm e 200 µm: **23,71%**
Percentagem entre 200 µm e 2000 µm: **68,16%**

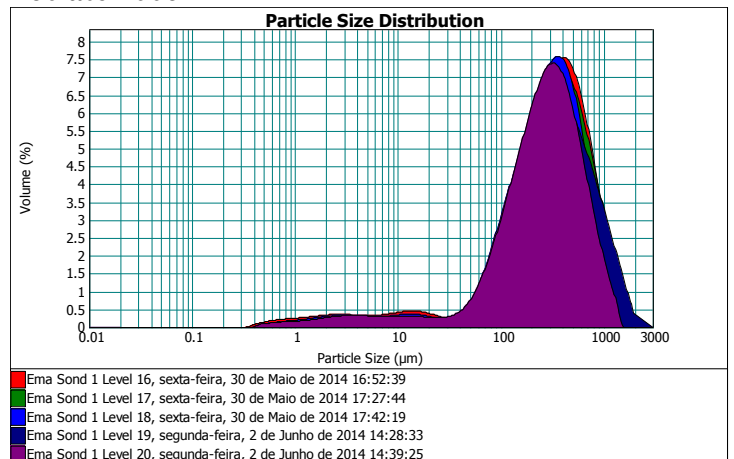
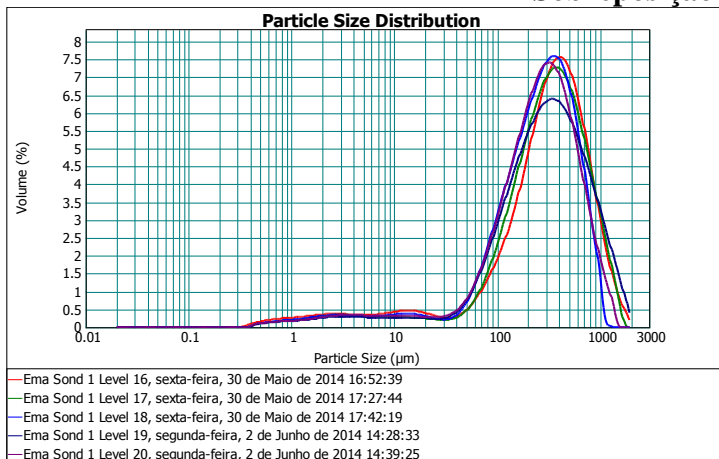


Percentagem entre 0,02 µm e 2 µm: **2,35%**
 Percentagem entre 2 µm e 50 µm: **8,15%**
 Percentagem entre 50 µm e 200 µm: **32,18%**
 Percentagem entre 200 µm e 2000 µm: **57,33%**

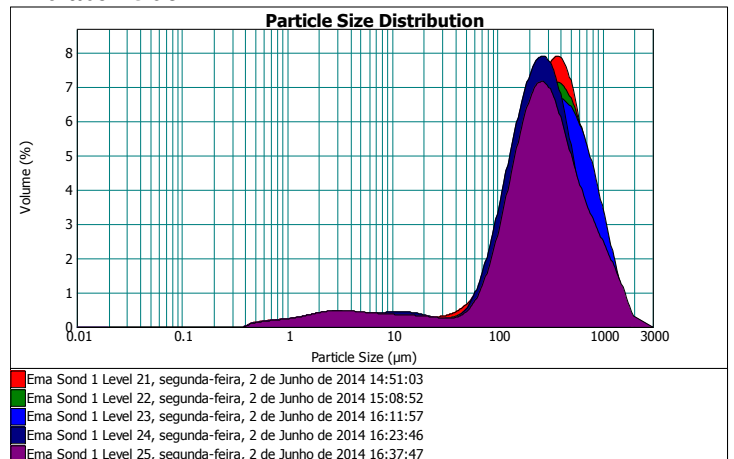
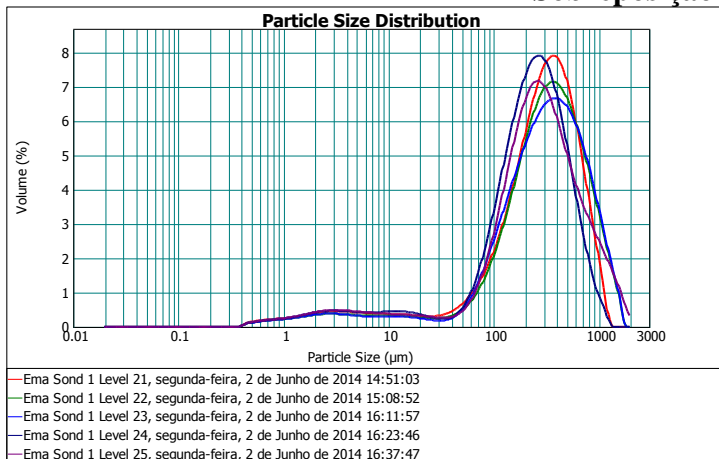


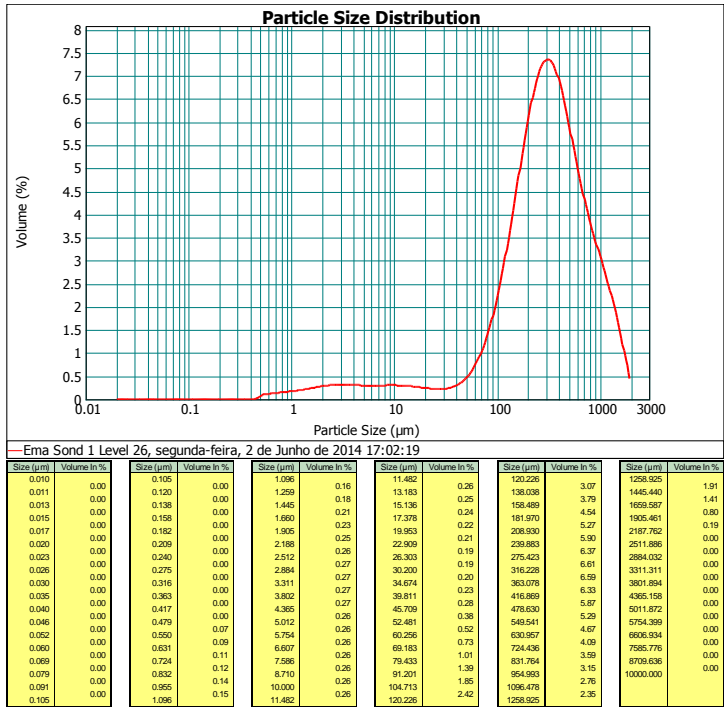
Percentagem entre 0,02 µm e 2 µm: **2,38%**
 Percentagem entre 2 µm e 50 µm: **7,85%**
 Percentagem entre 50 µm e 200 µm: **27,32%**
 Percentagem entre 200 µm e 2000 µm: **62,45%**

Sobreposição de 160 até 200cm

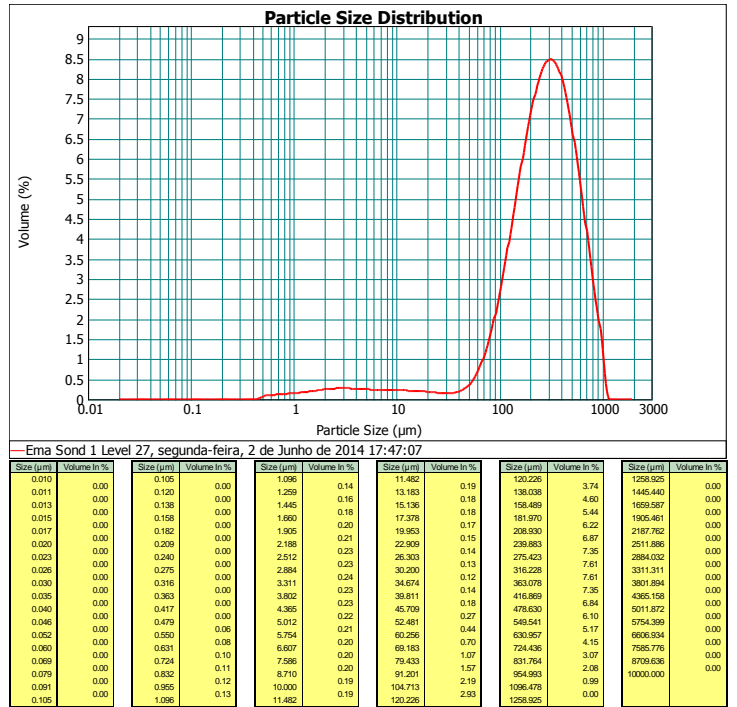


Sobreposição de 210 até 250cm

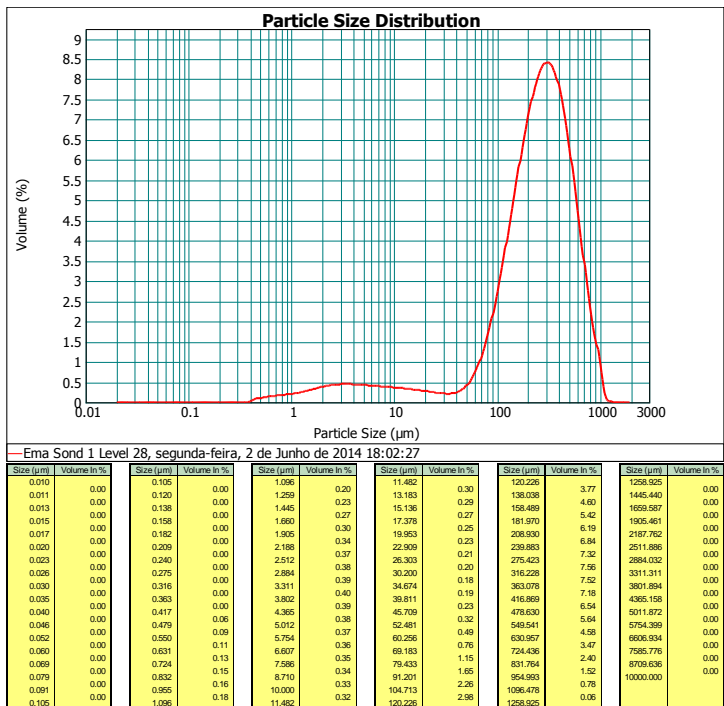




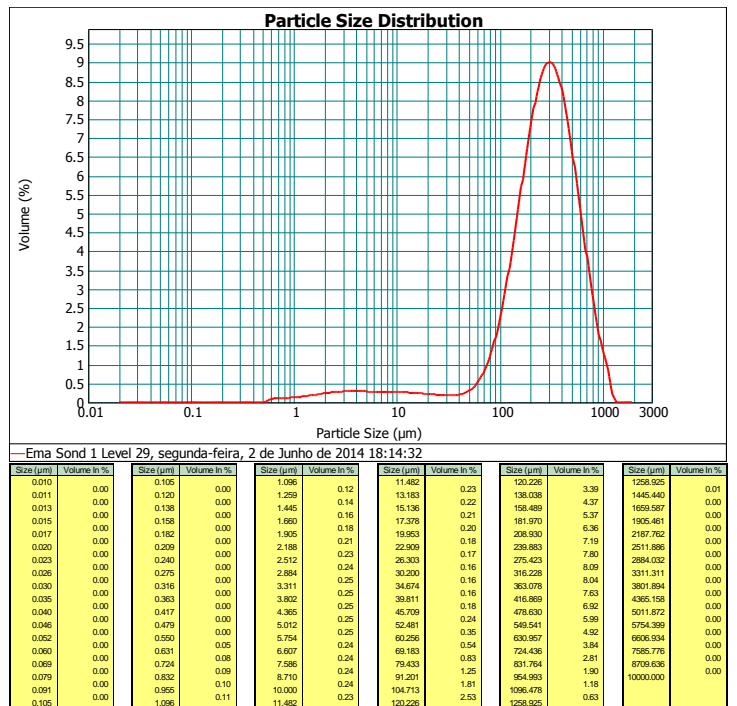
Percentagem entre 0,02 µm e 2 µm: **1,55%**
Percentagem entre 2 µm e 50 µm: **5,84%**
Percentagem entre 50 µm e 200 µm: **23%**
Percentagem entre 200 µm e 2000 µm: **69,61%**



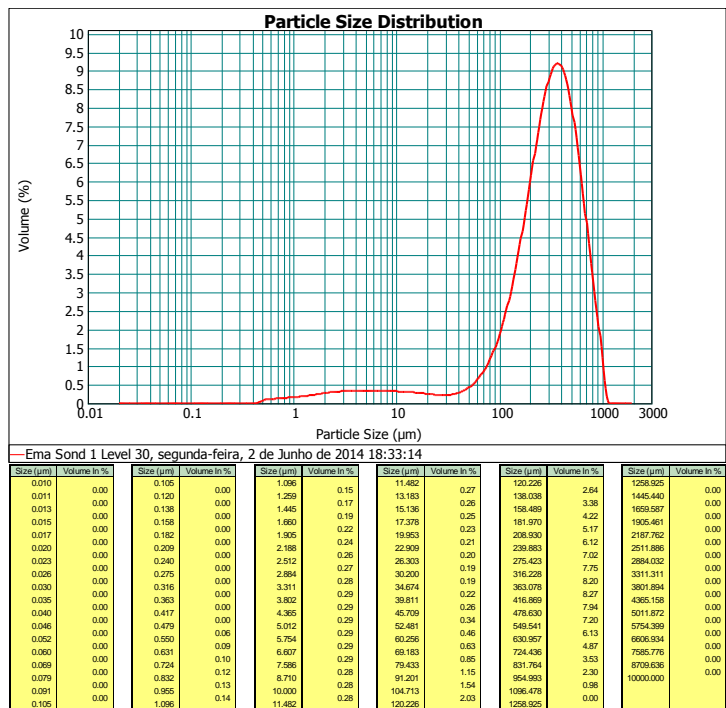
Percentagem entre 0,02 µm e 2 µm: **1,33%**
Percentagem entre 2 µm e 50 µm: **4,46%**
Percentagem entre 50 µm e 200 µm: **26,97%**
Percentagem entre 200 µm e 2000 µm: **67,24%**



Percentagem entre 0,02 µm e 2 µm: **2%**
Percentagem entre 2 µm e 50 µm: **7,15%**
Percentagem entre 50 µm e 200 µm: **27,38%**
Percentagem entre 200 µm e 2000 µm: **63,47%**

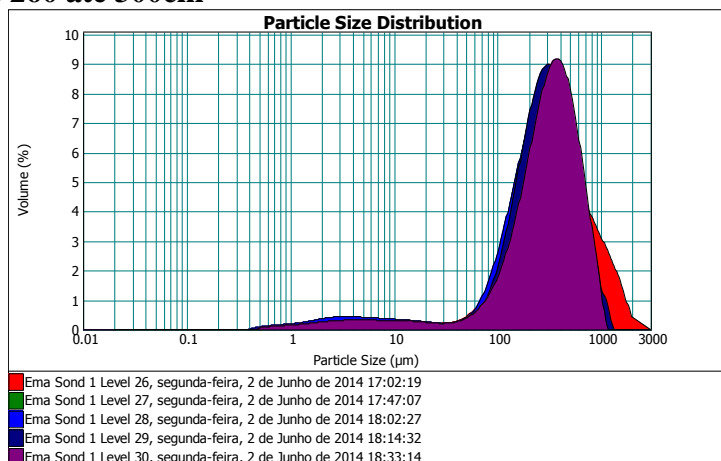
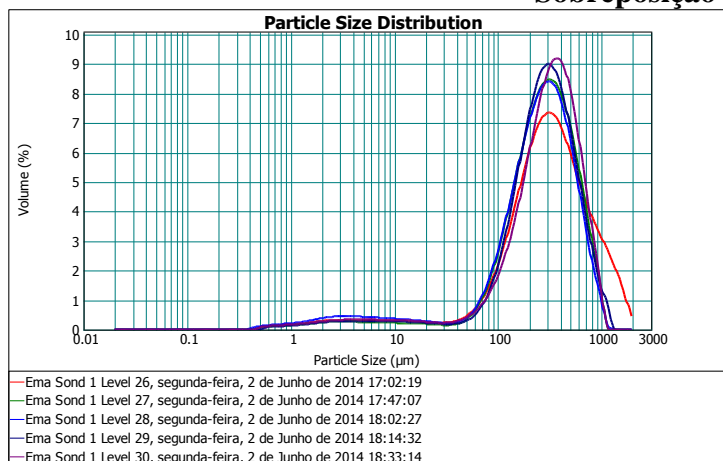


Percentagem entre 0,02 µm e 2 µm: **1,10%**
Percentagem entre 2 µm e 50 µm: **5,06%**
Percentagem entre 50 µm e 200 µm: **24,78%**
Percentagem entre 200 µm e 2000 µm: **69,05%**

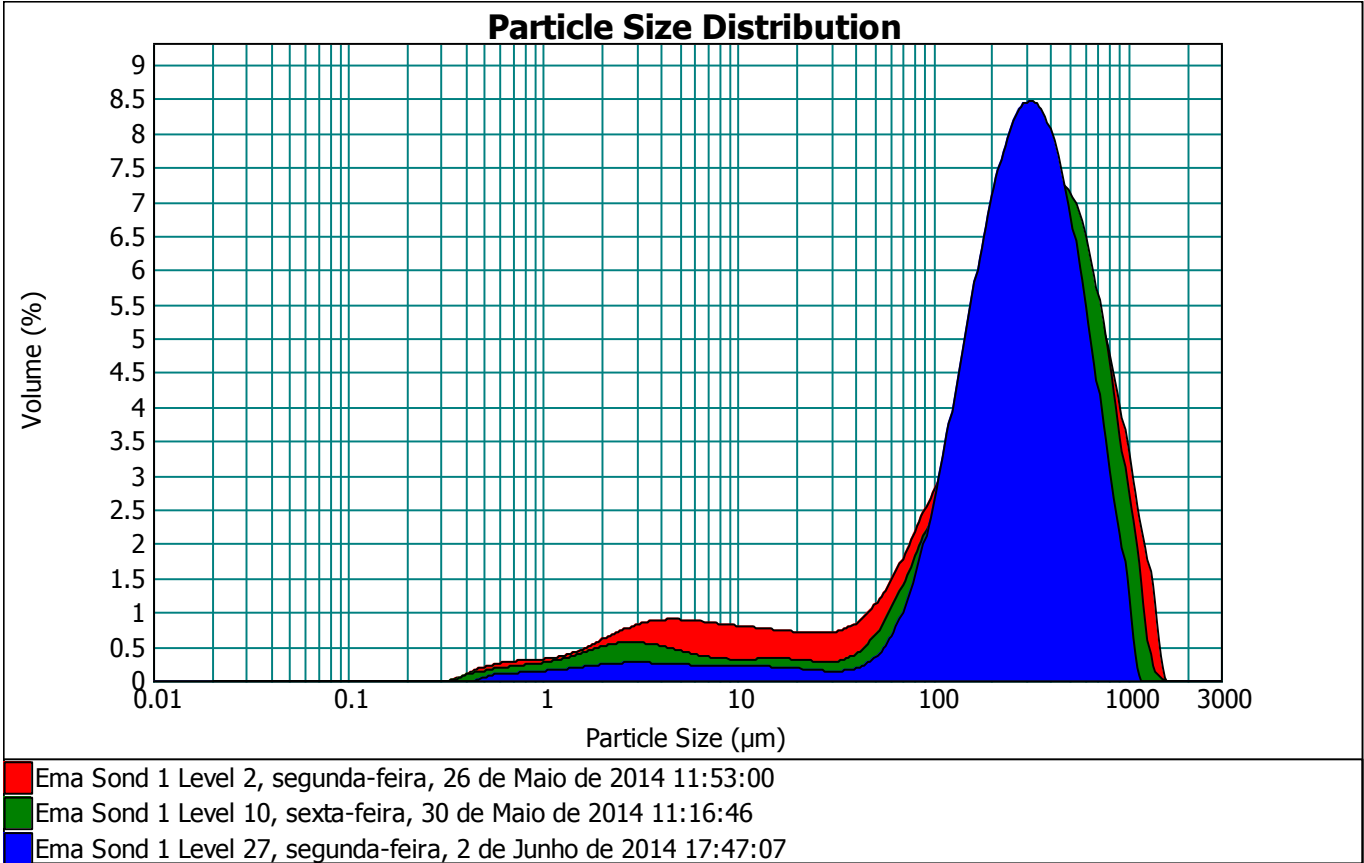
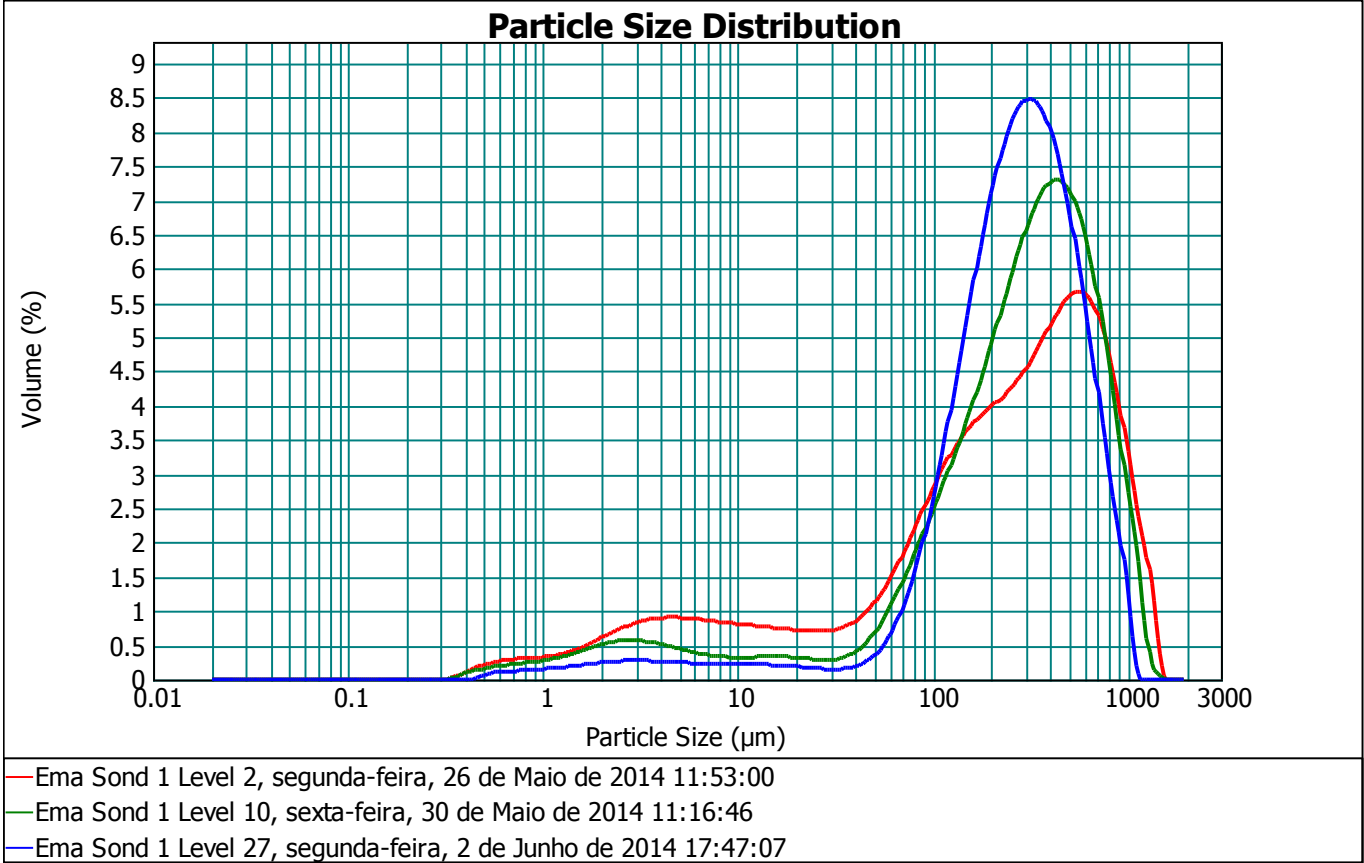


Percentagem entre 0,02 µm e 2 µm: **1,45%**
 Percentagem entre 2 µm e 50 µm: **6,04%**
 Percentagem entre 50 µm e 200 µm: **20,47%**
 Percentagem entre 200 µm e 2000 µm: **72,05%**

Sobreposição de 260 até 300cm



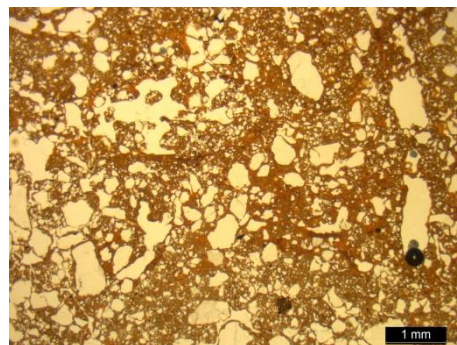
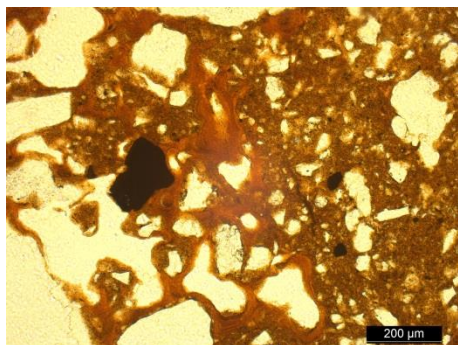
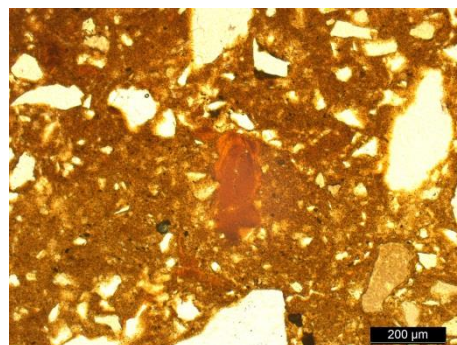
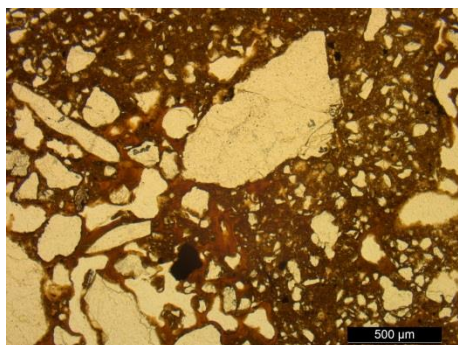
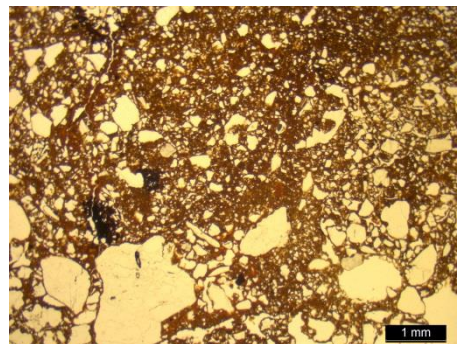
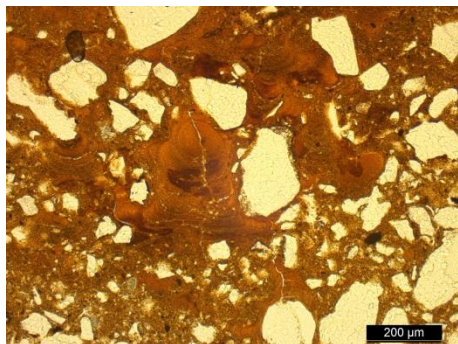
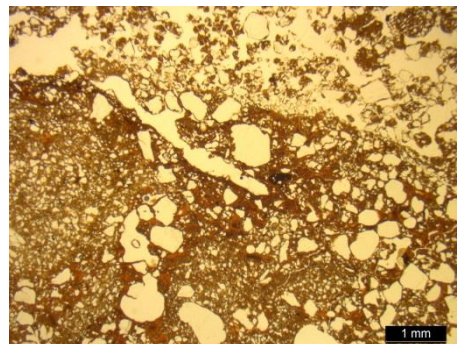
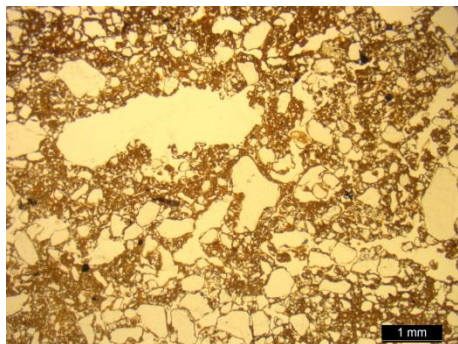
Sobreposição correspondente ao nível das amostras de micromorfologia coletadas no EmaI (25cm, 100cm, 270cm)

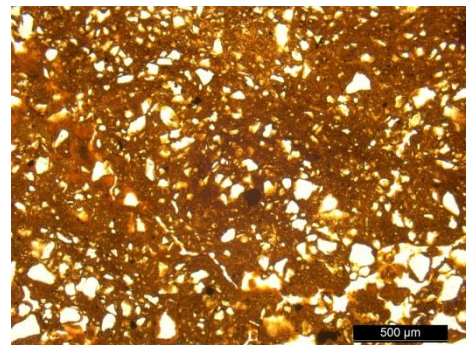
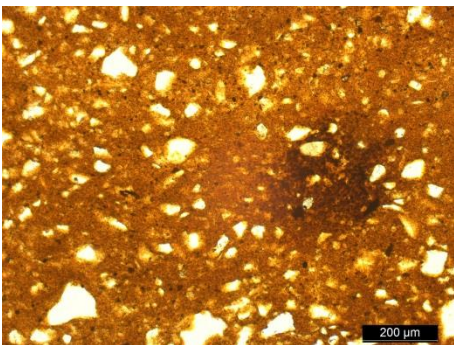
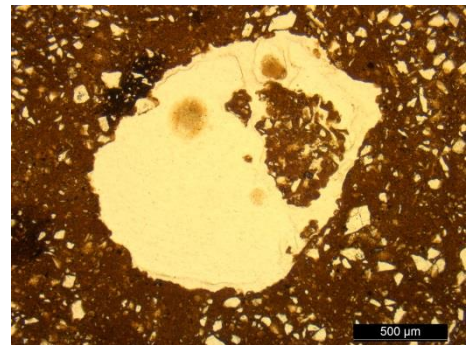
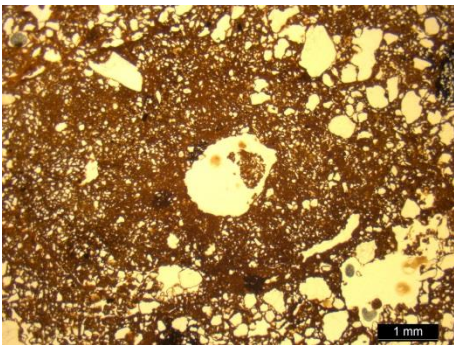
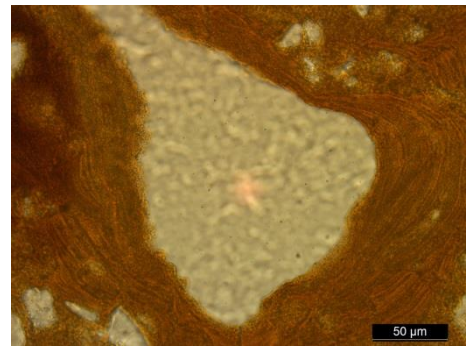
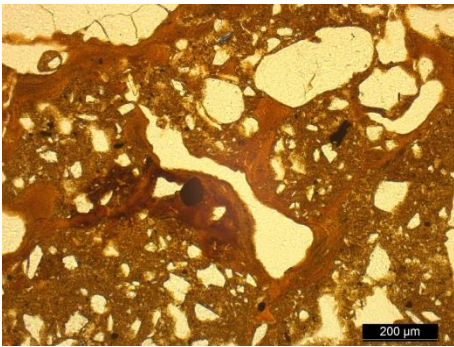
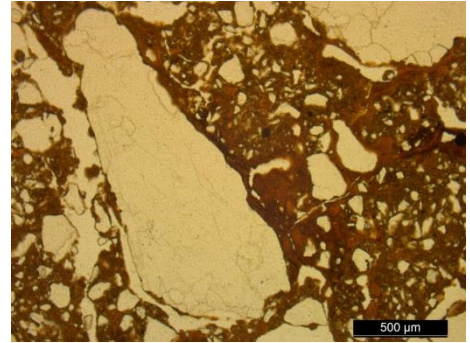
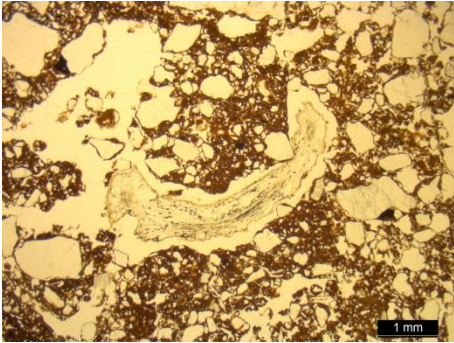
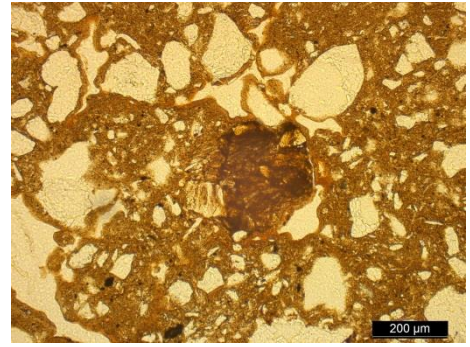
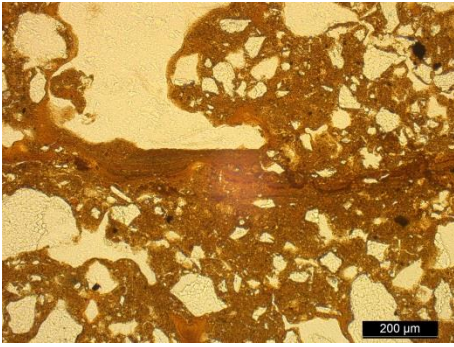


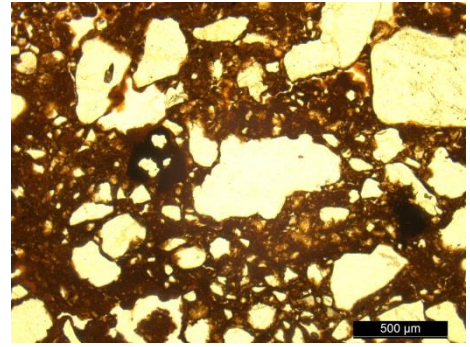
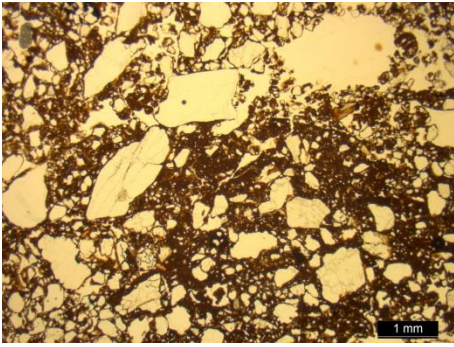
Anexo 2

PERNA I

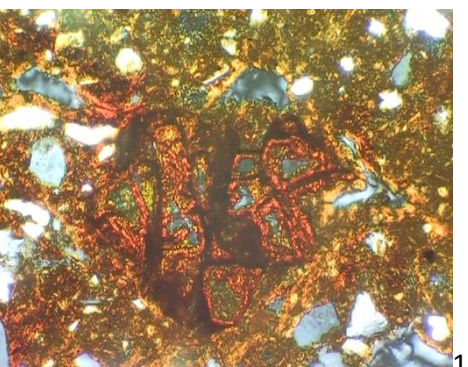
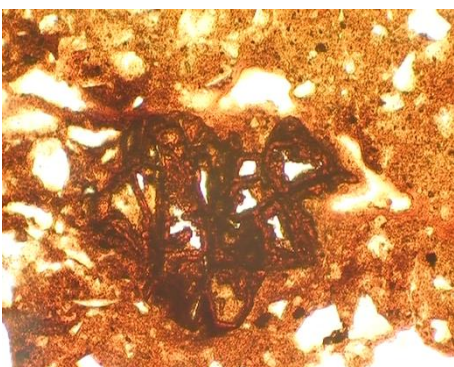
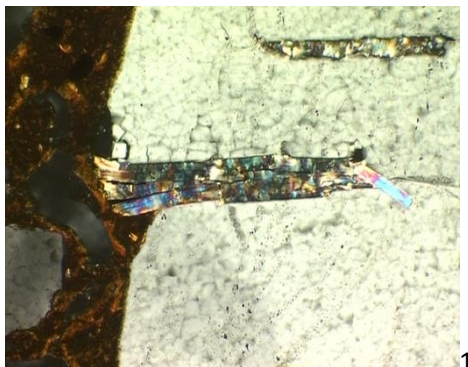
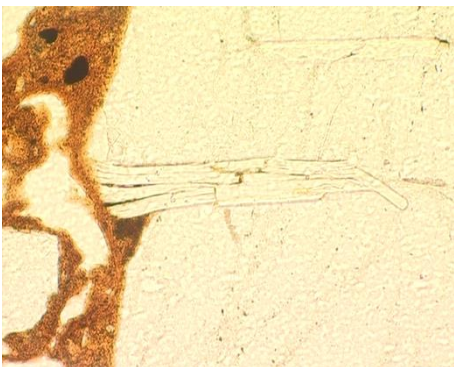
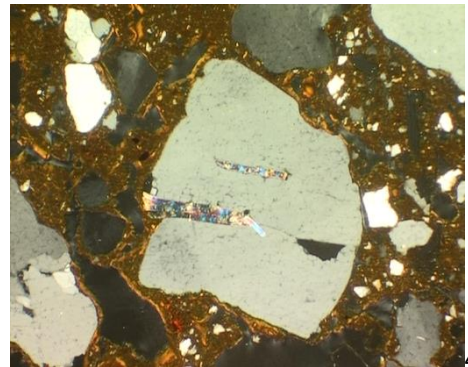
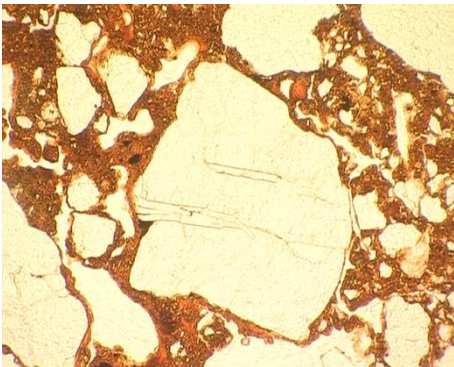
Paris IPH – Perna/220cm

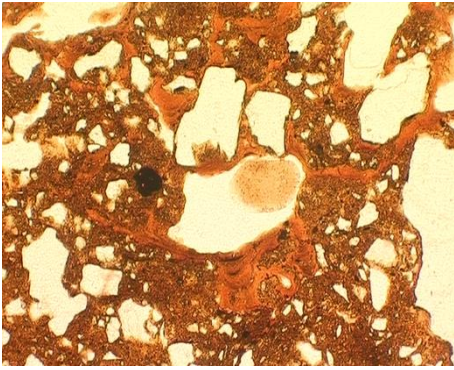




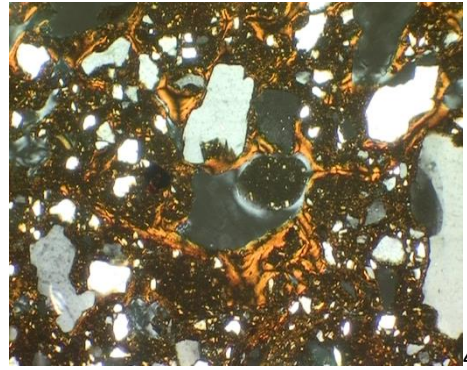


Tautavel sem escala – Perna/220cm

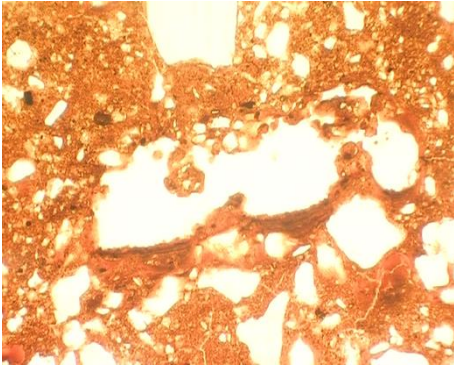




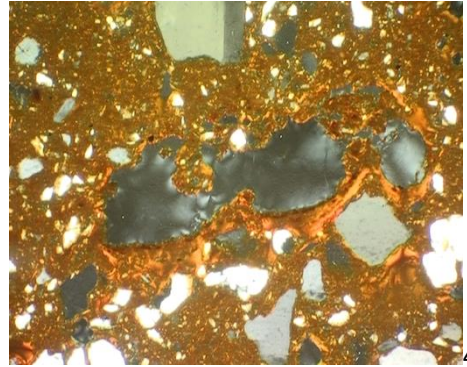
4x



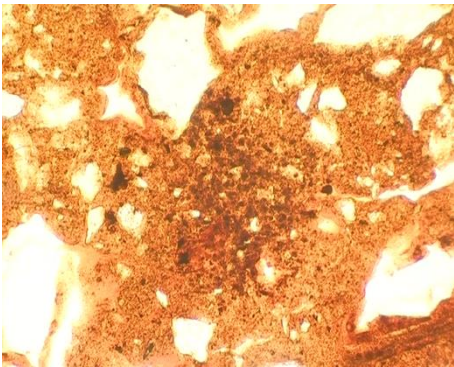
4x



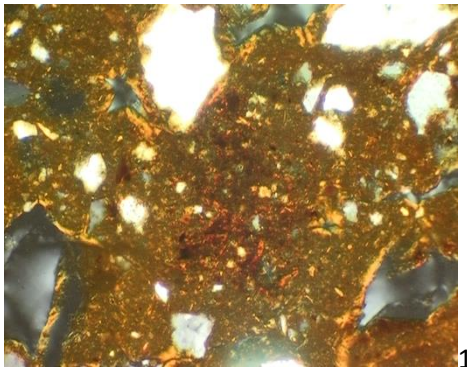
4x



4x



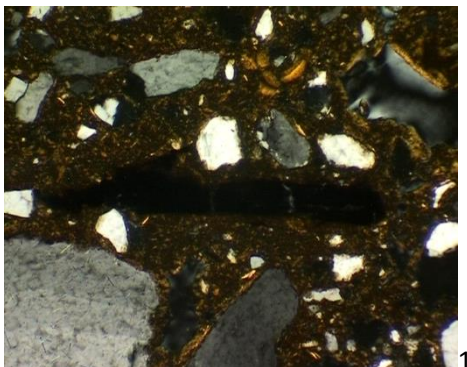
10x



10x

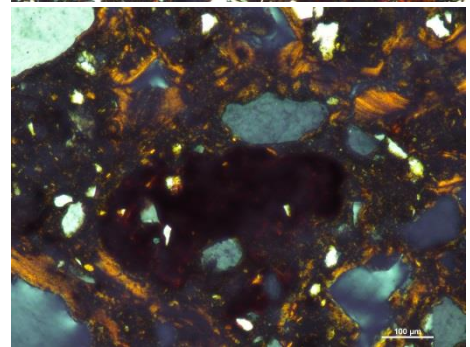
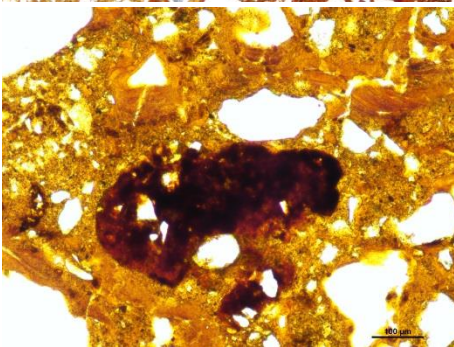
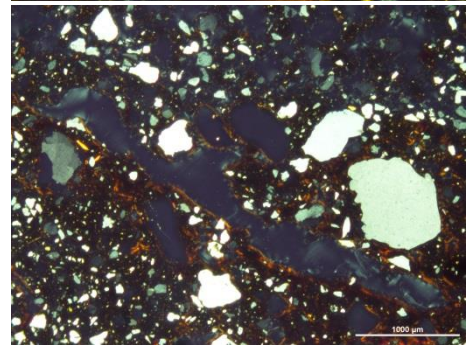
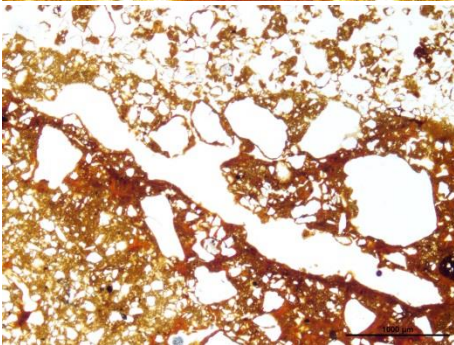
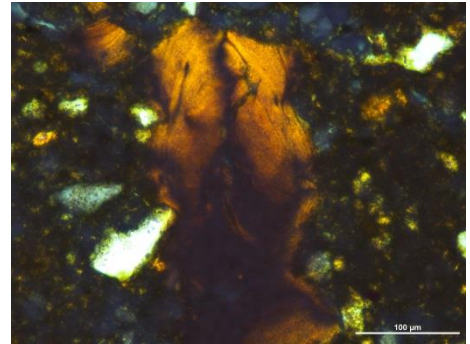
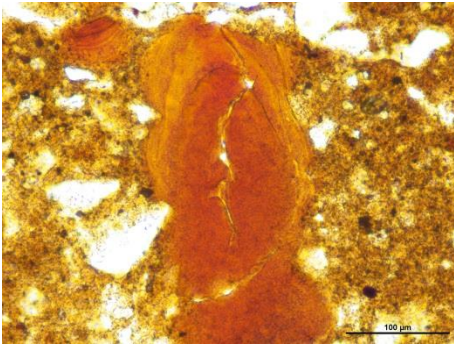
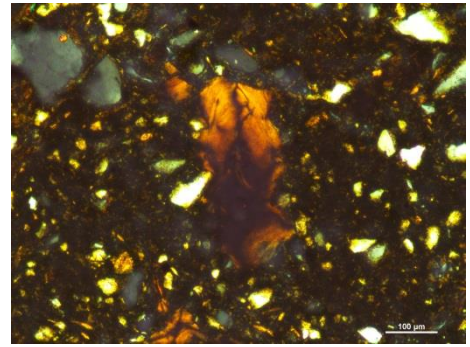
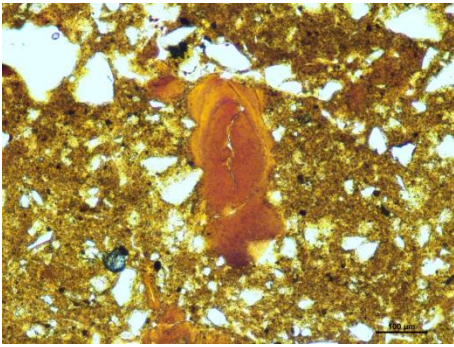
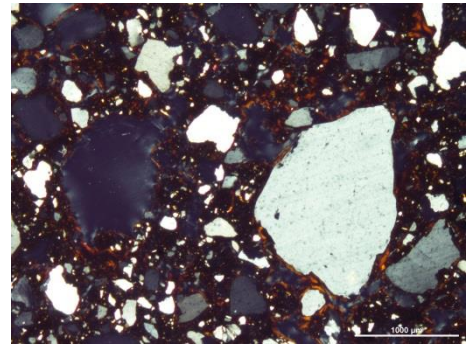
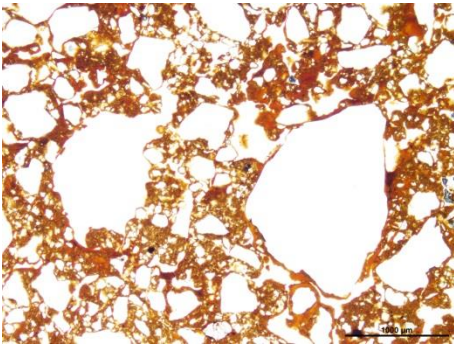


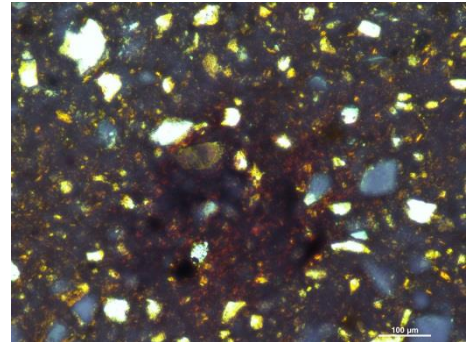
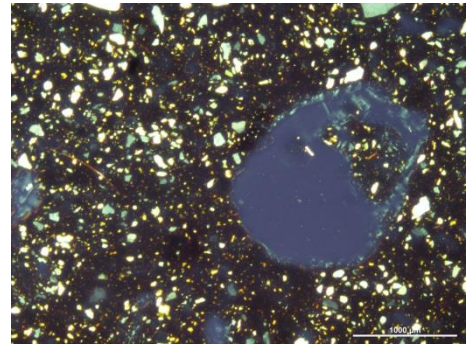
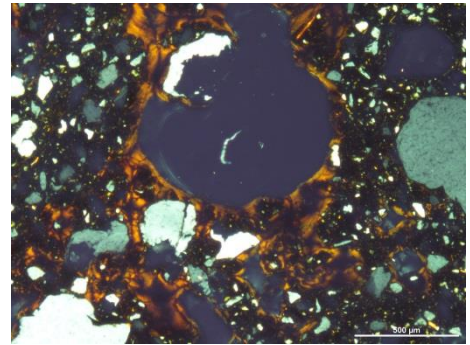
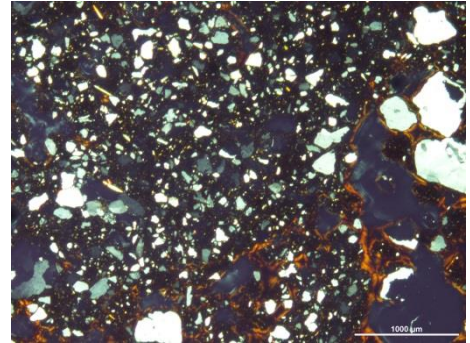
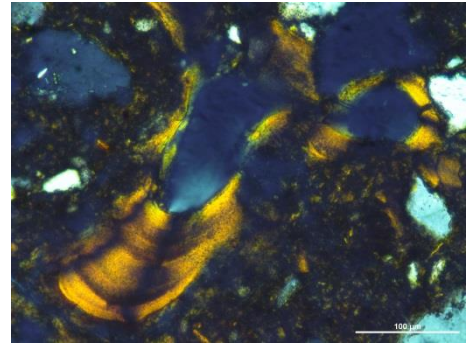
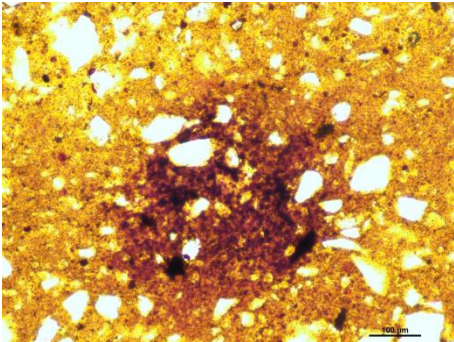
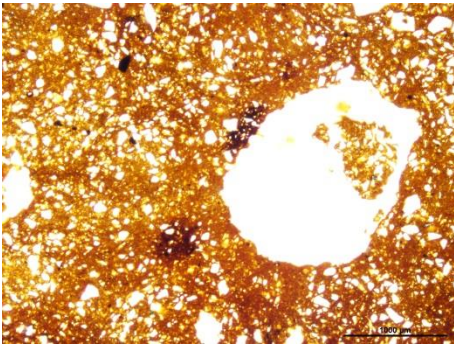
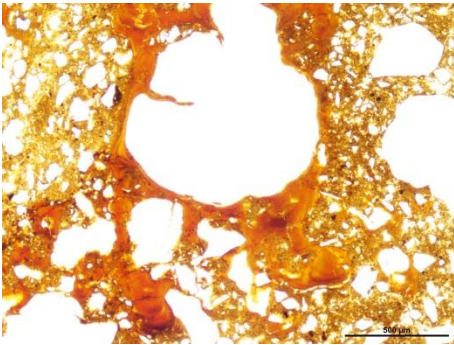
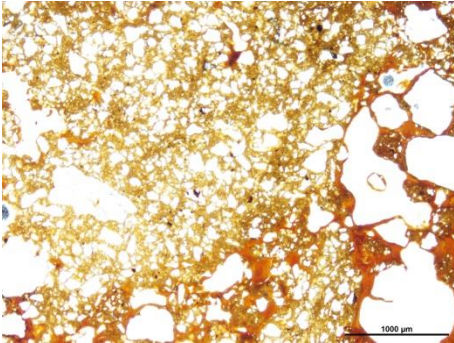
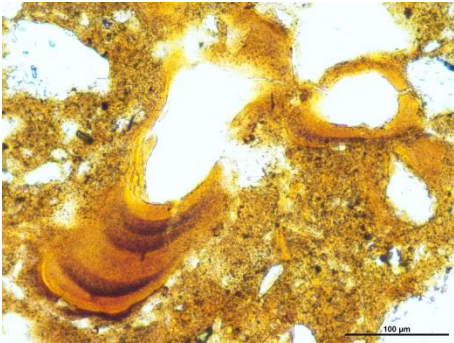
10x

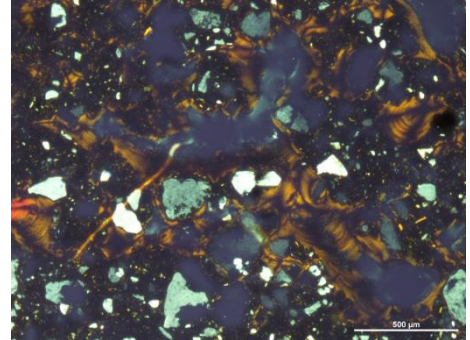
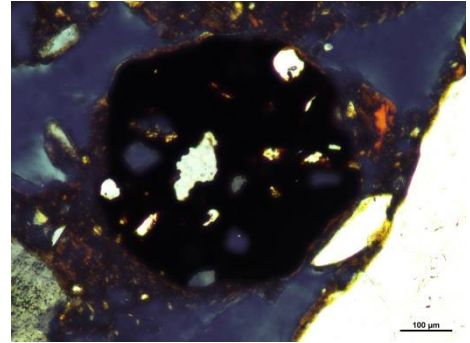
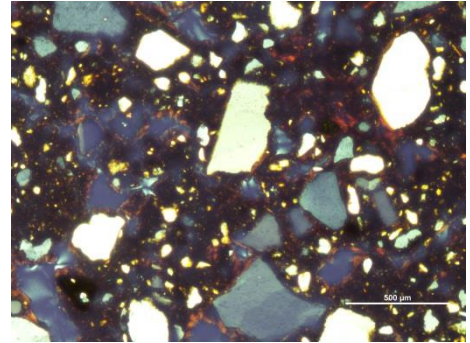
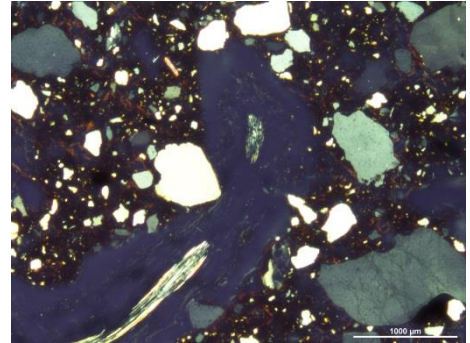
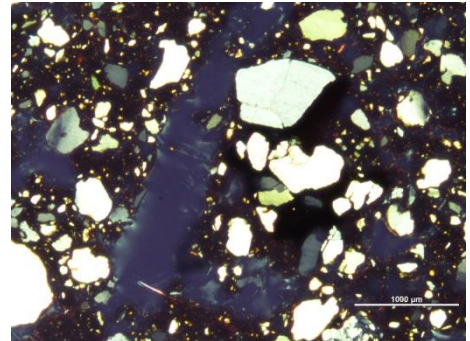
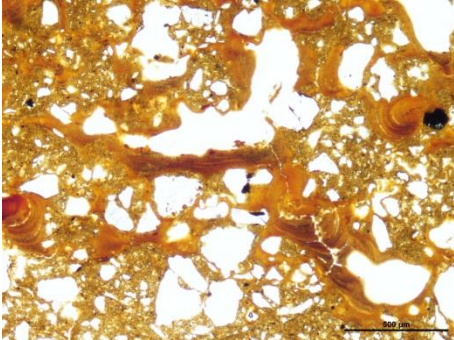
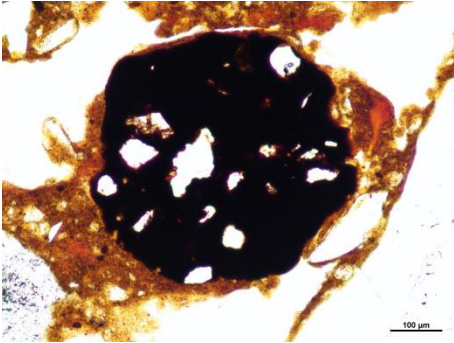
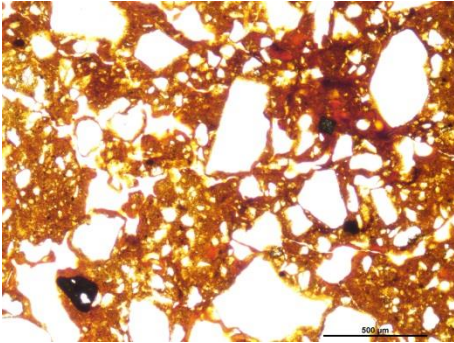
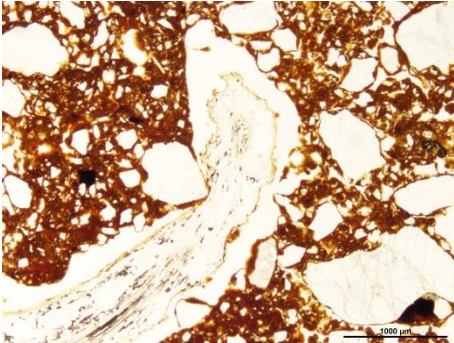
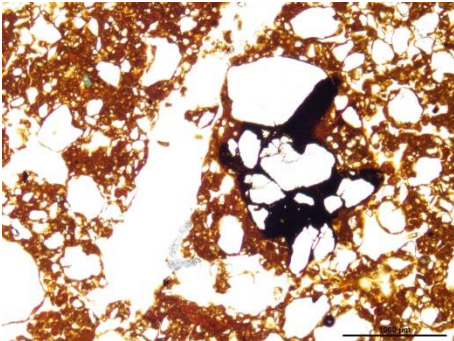


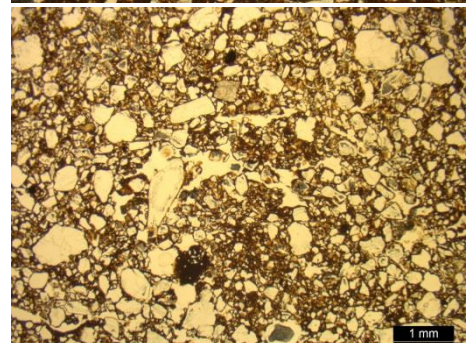
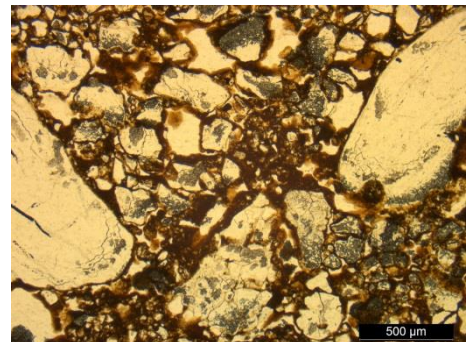
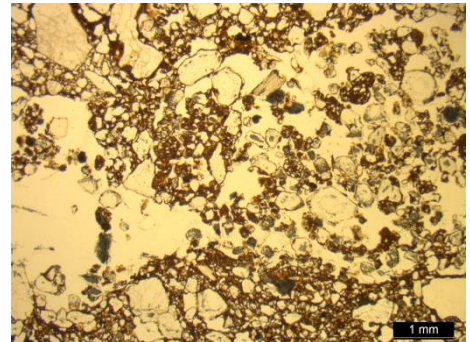
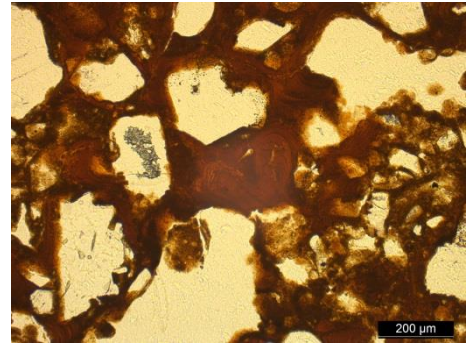
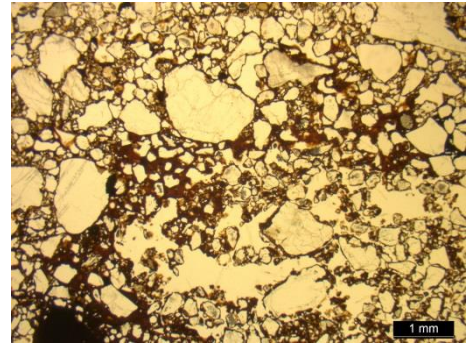
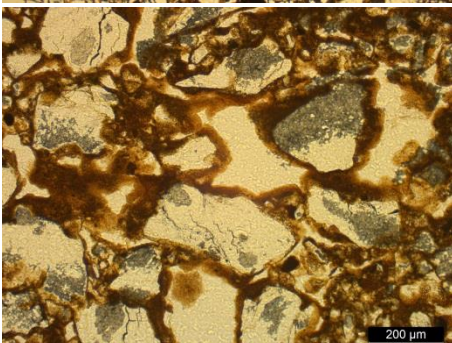
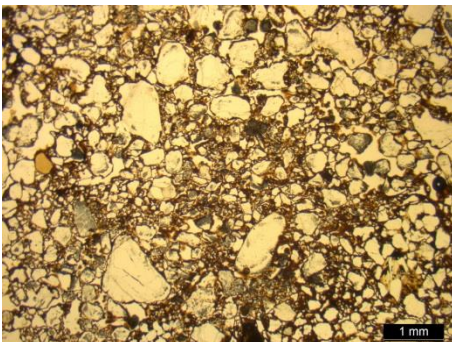
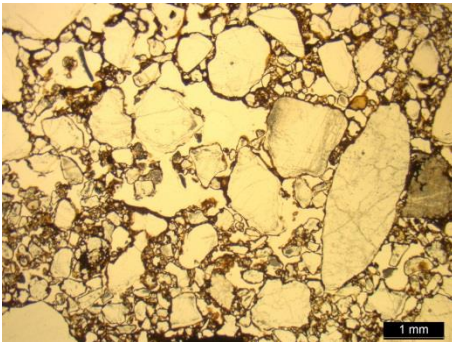
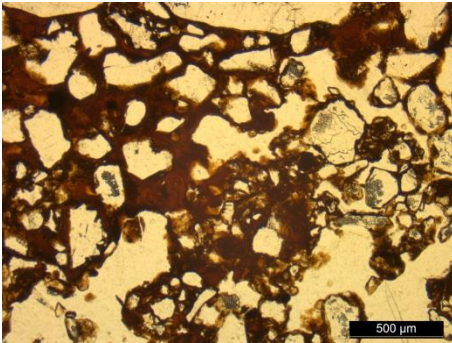
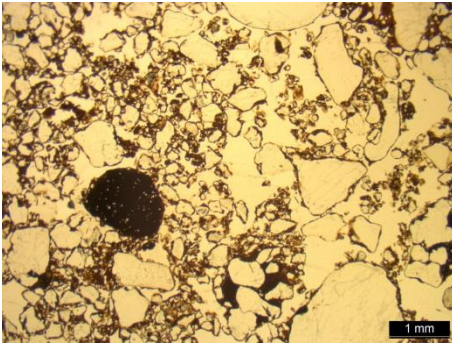
10x

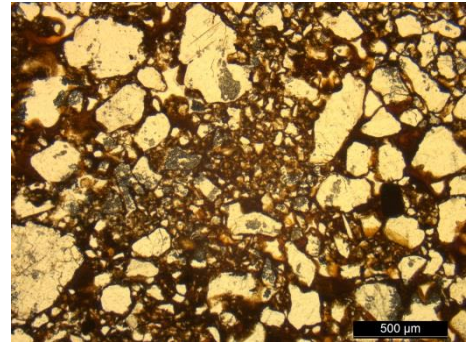
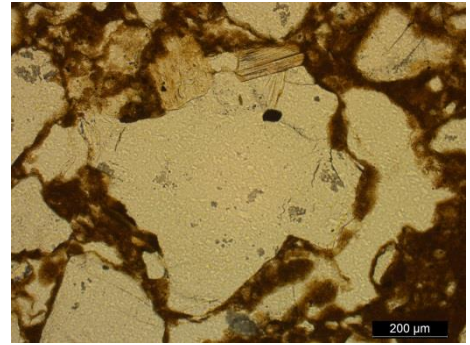
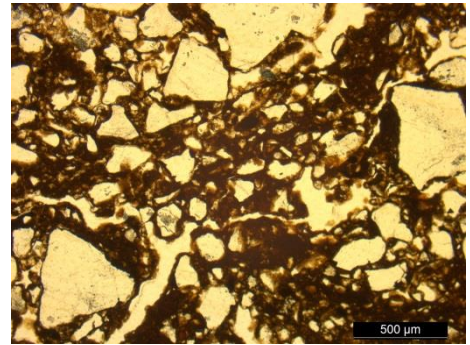
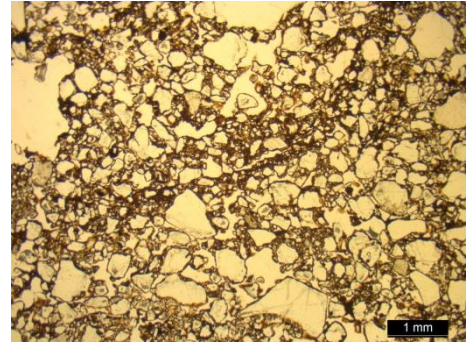
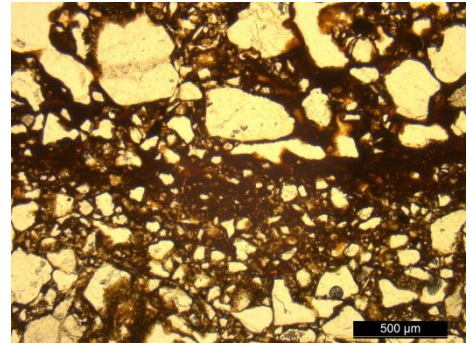
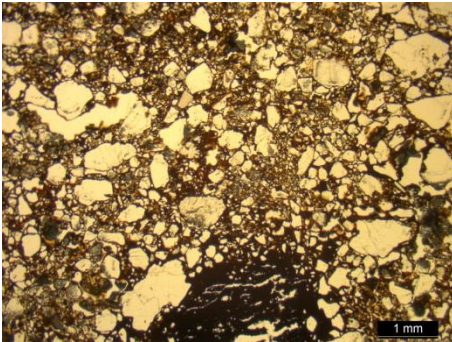
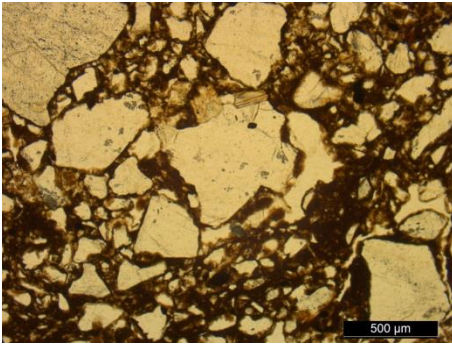
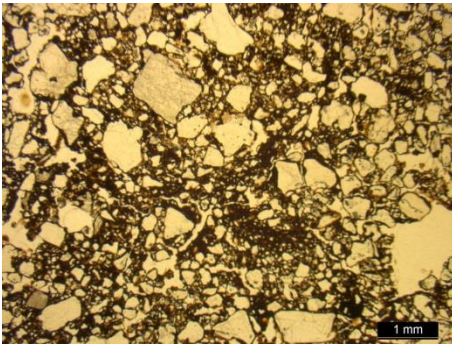
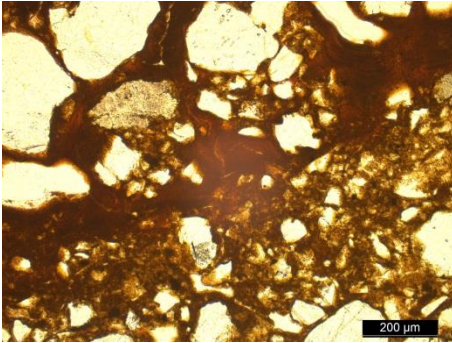
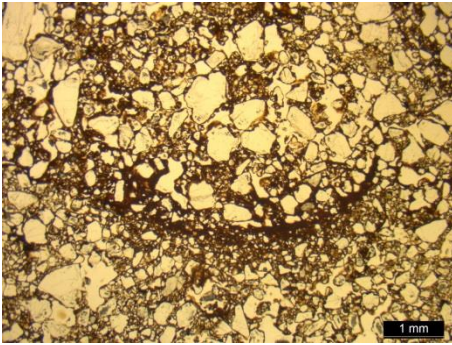
Tautavel definitivas – Perna/220cm



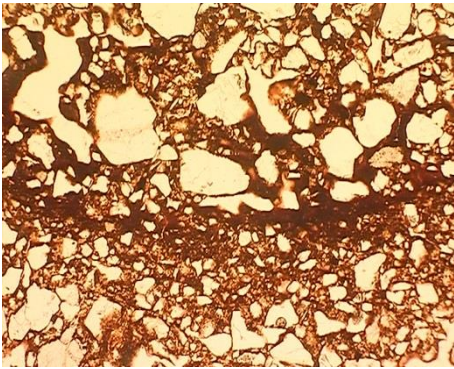




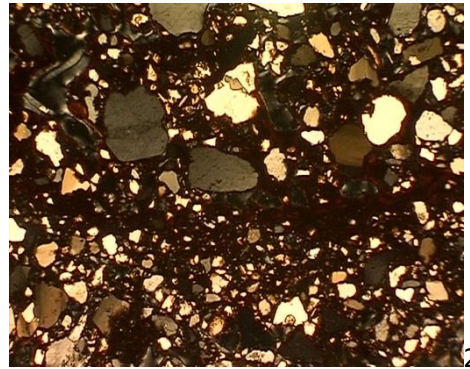




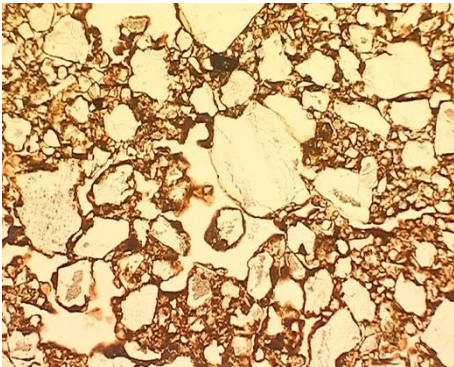
Tautavel sem escala – Perna/150cm



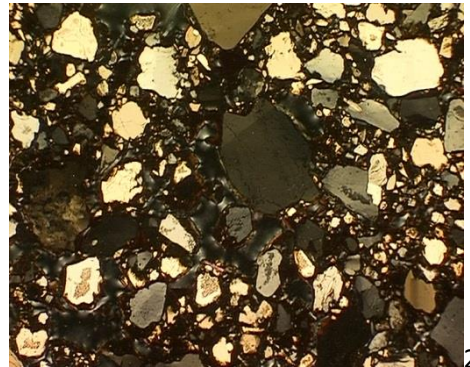
2x



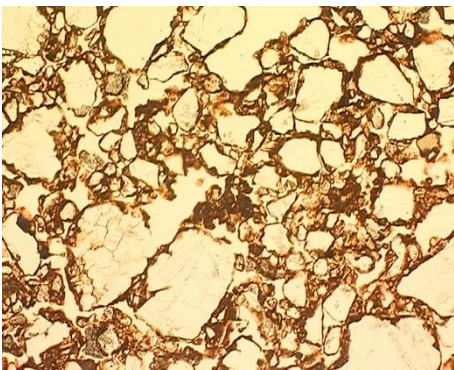
2x



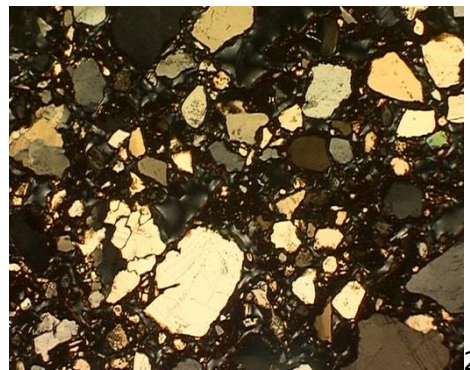
2x



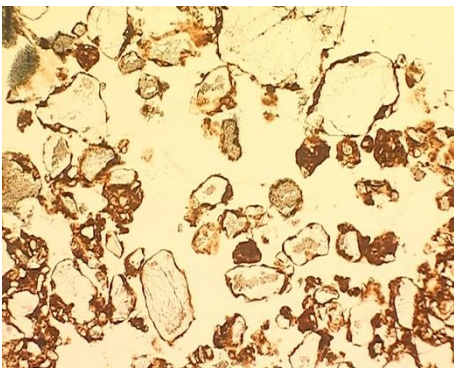
2x



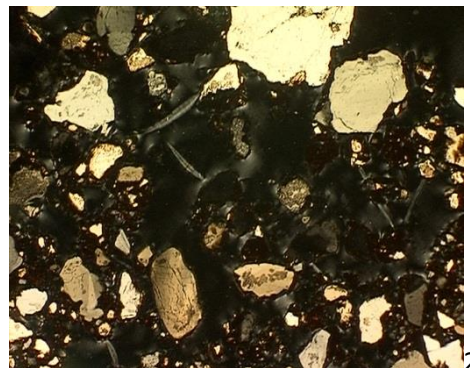
2x



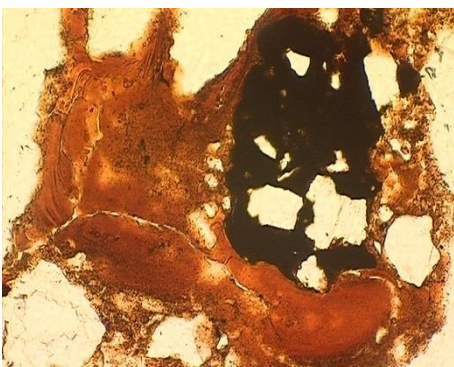
2x



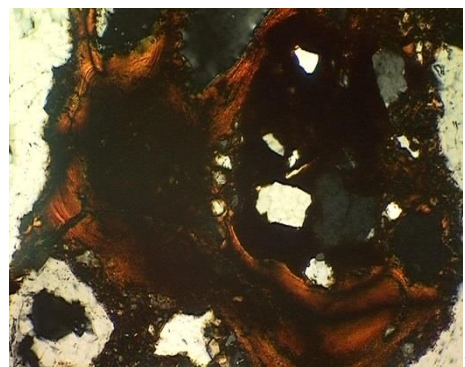
2x



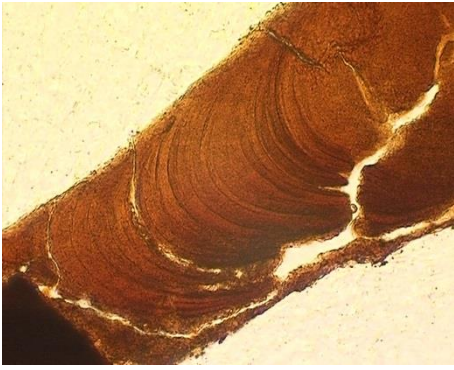
2x



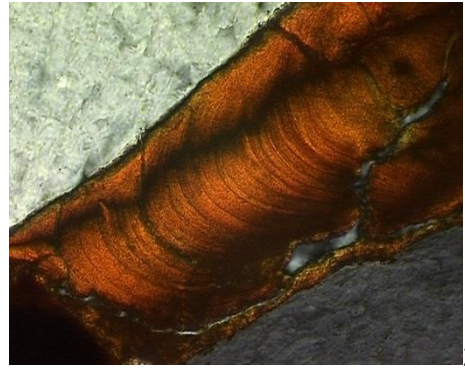
10x



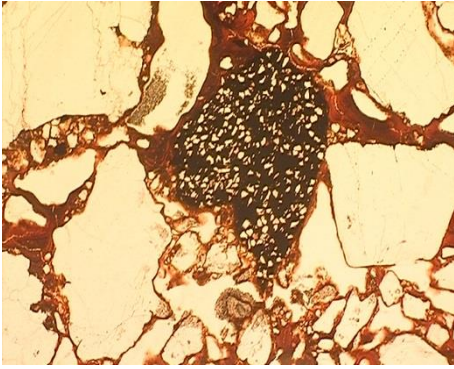
10x



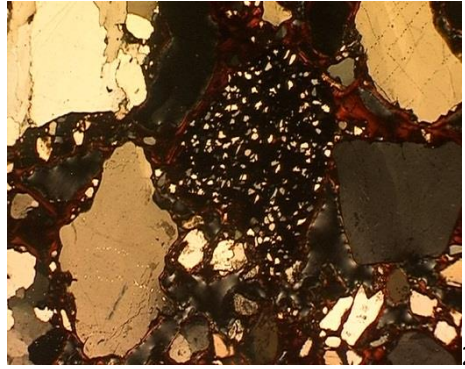
20x



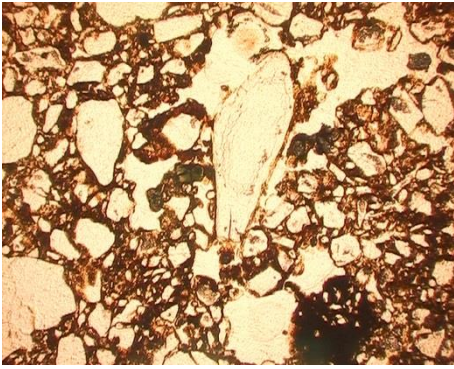
20x



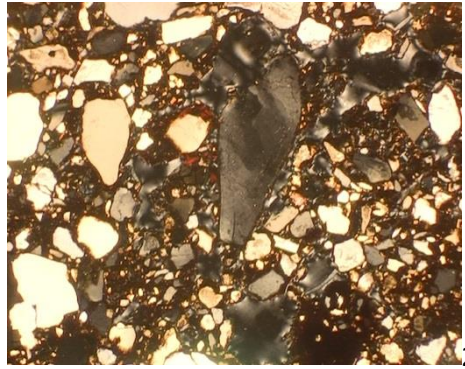
2x



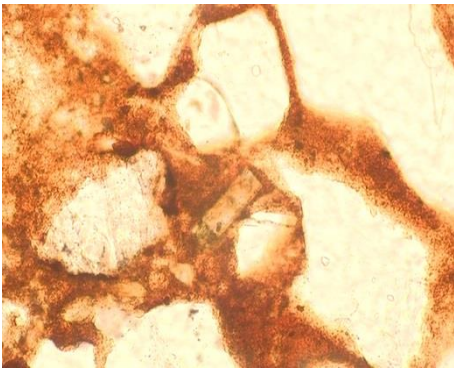
2x



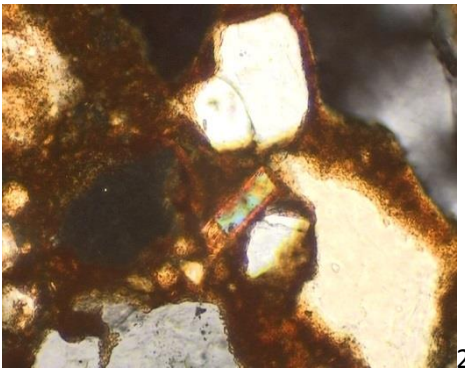
2x



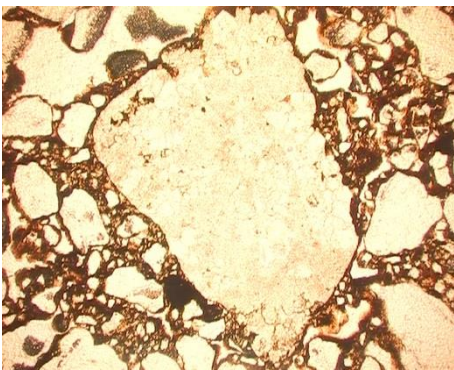
2x



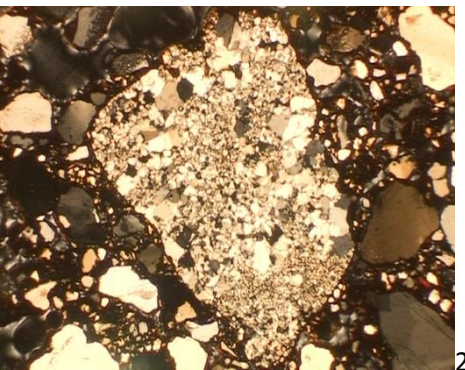
20x



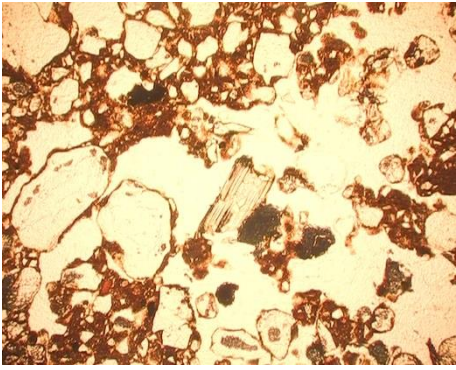
20x



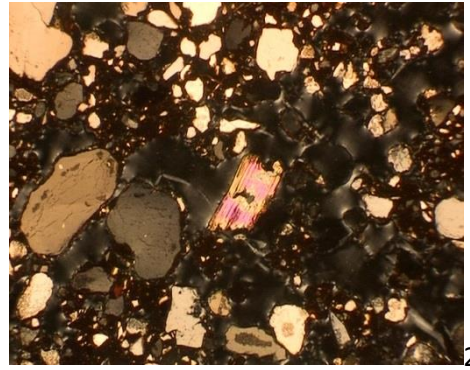
2x



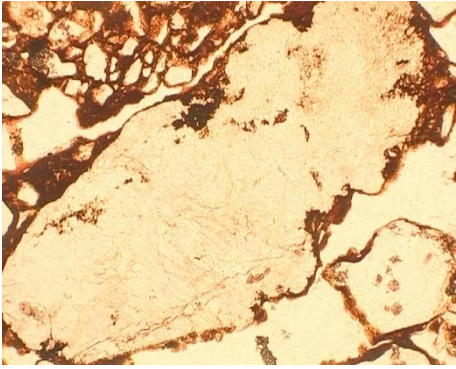
2x



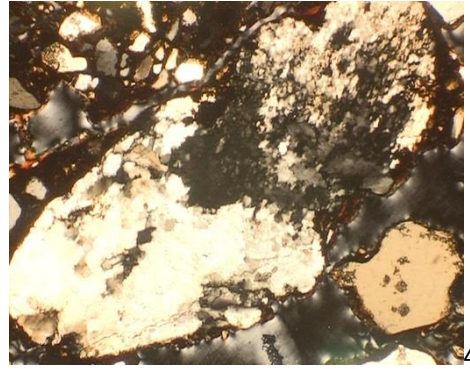
2x



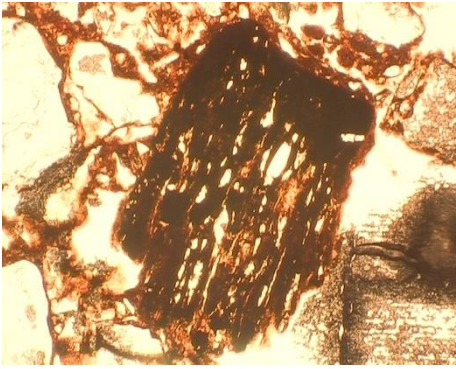
2x



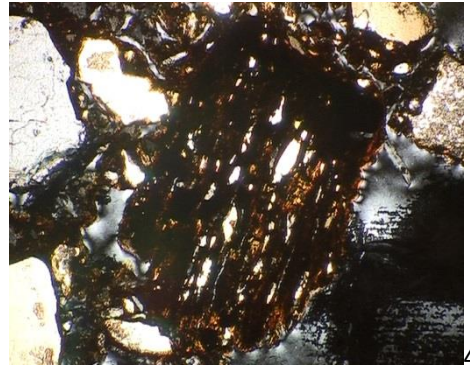
4x



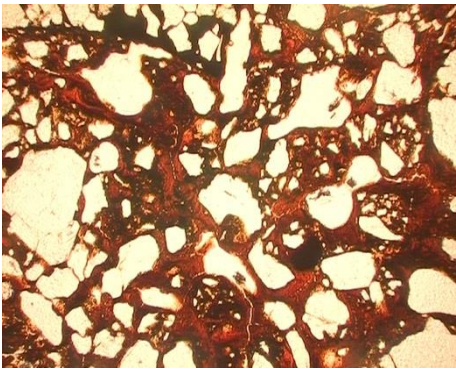
4x



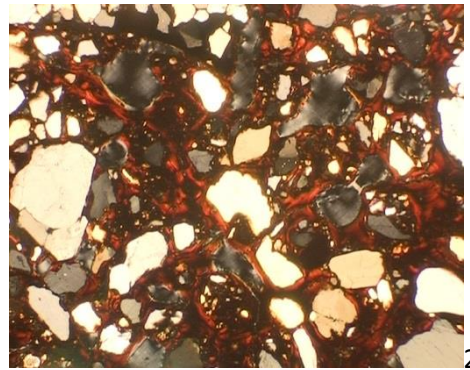
4x



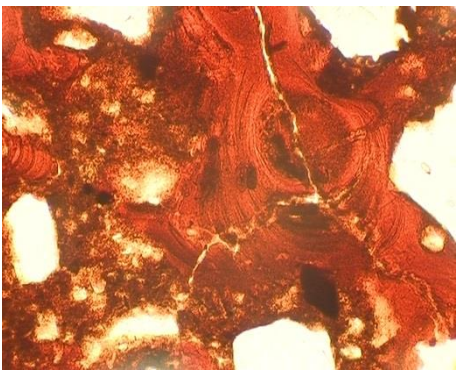
4x



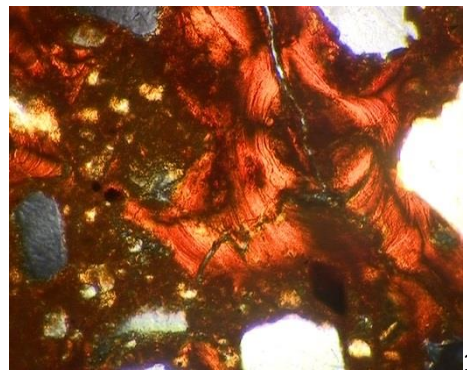
2x



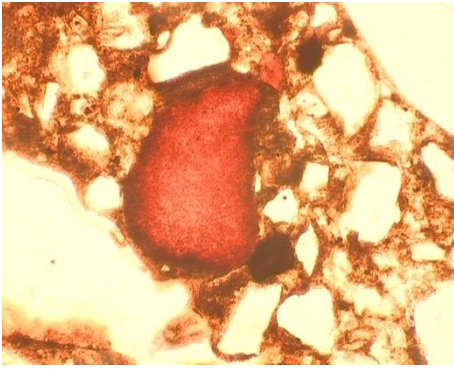
2x



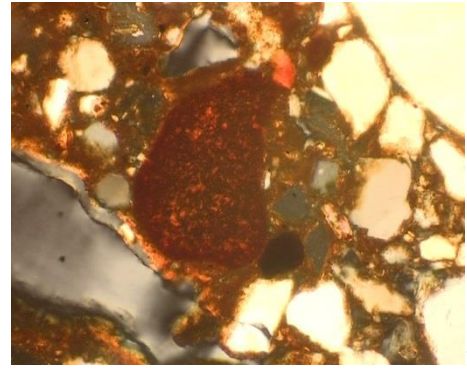
10x



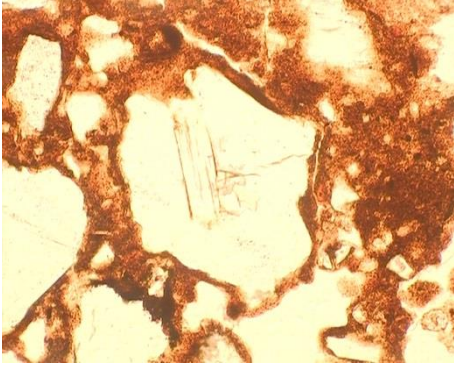
10x



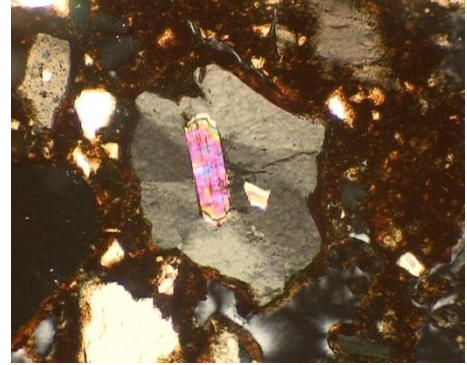
10x



10x

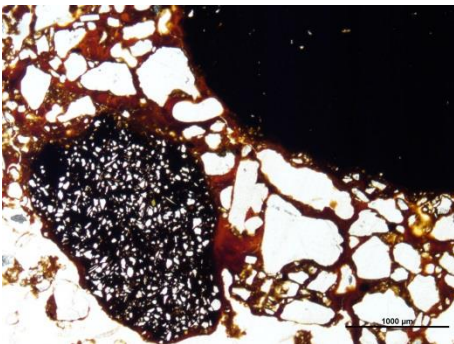


10x

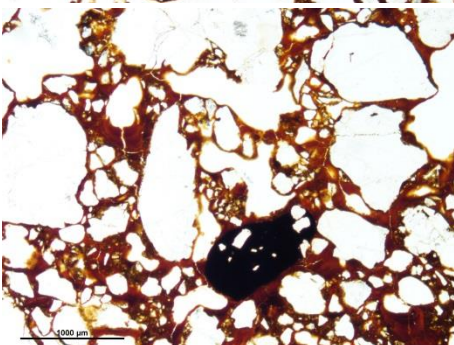


10x

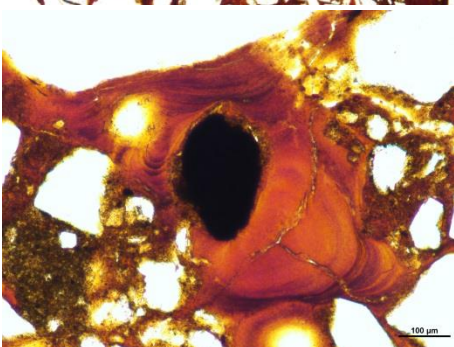
Tautavel definitivas – Perna/150cm



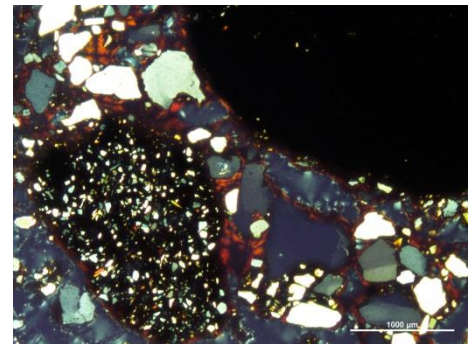
1000 µm



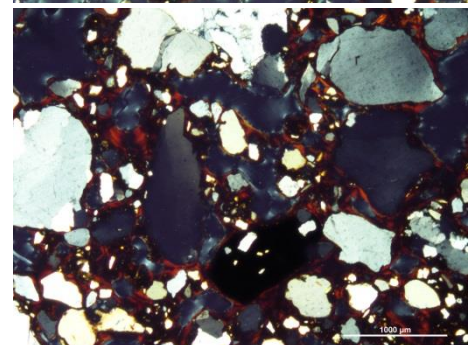
1000 µm



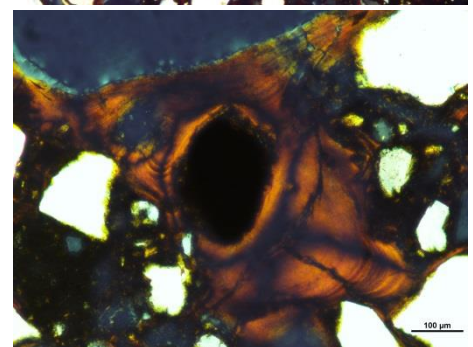
100 µm



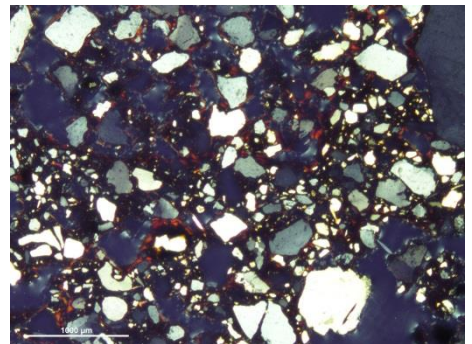
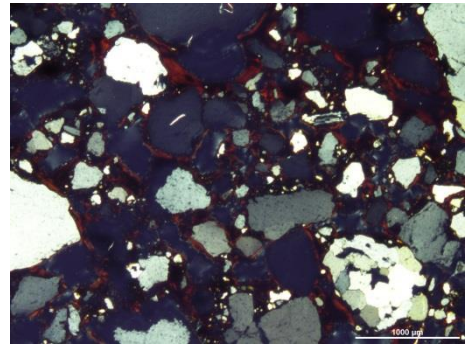
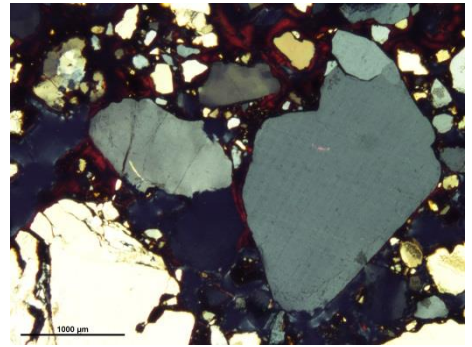
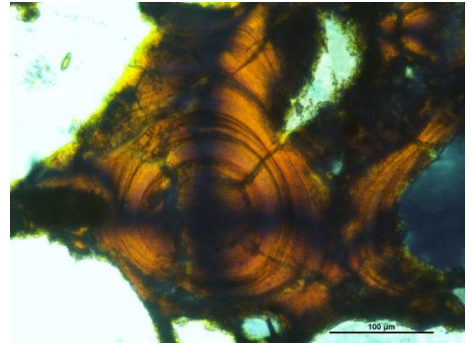
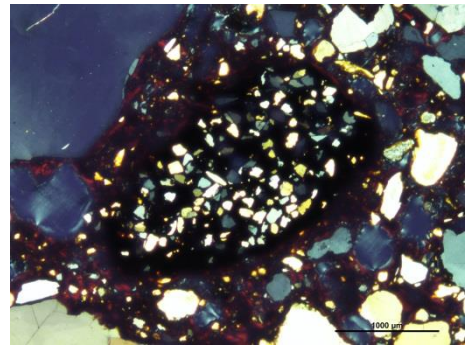
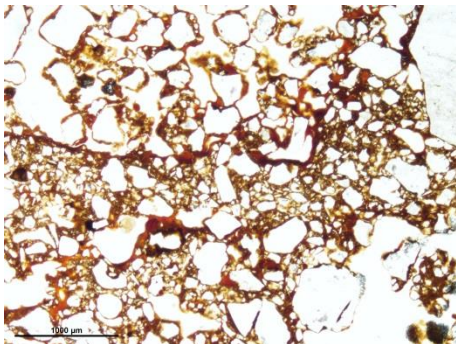
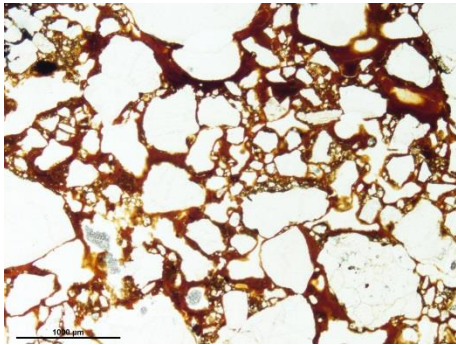
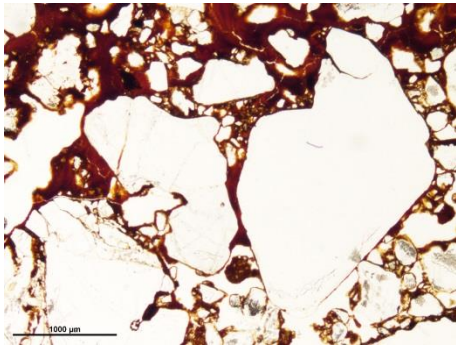
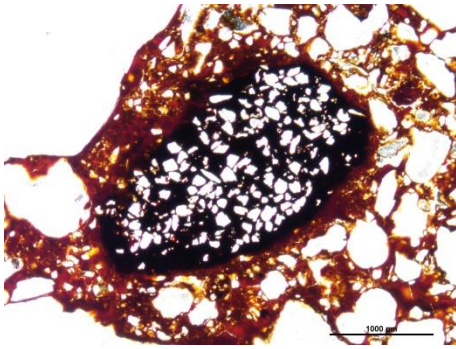
1000 µm

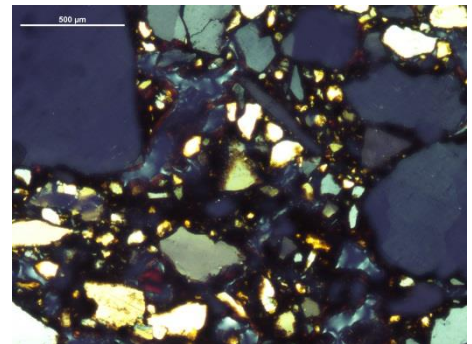
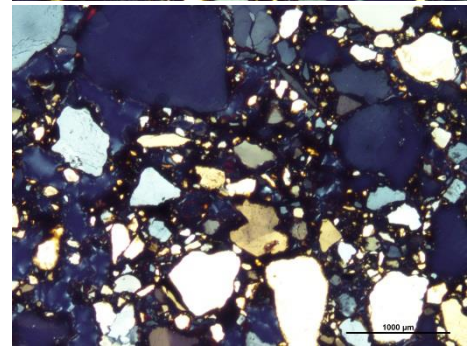
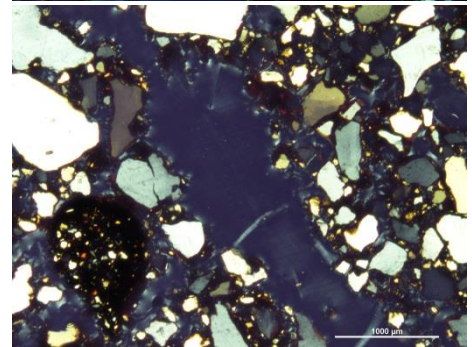
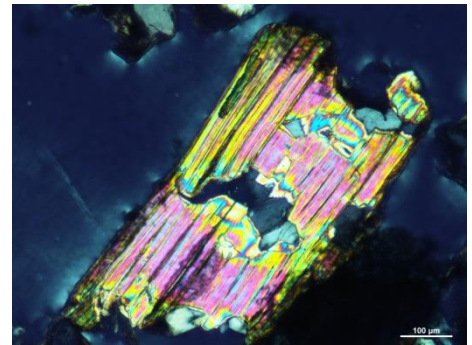
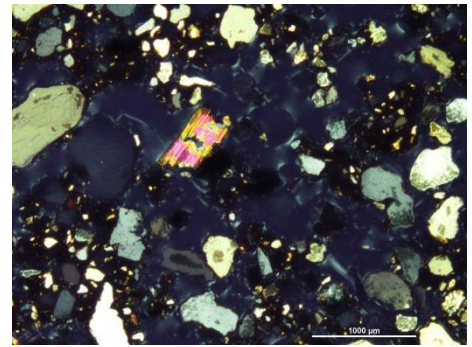
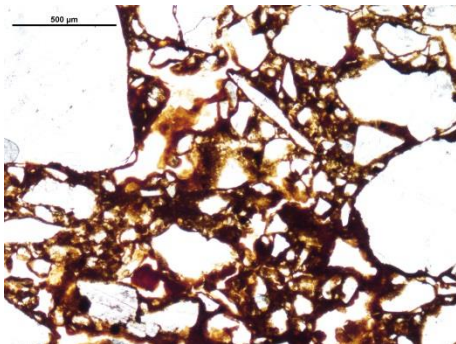
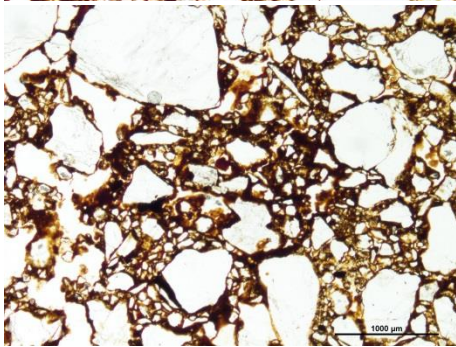
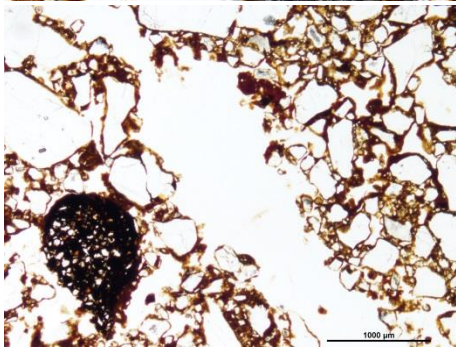
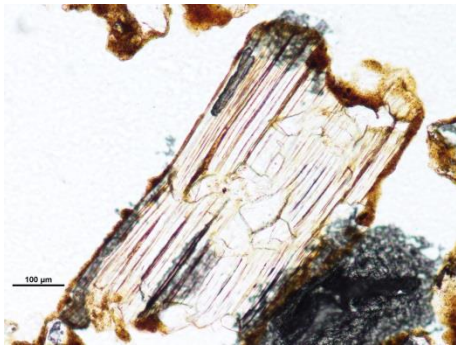
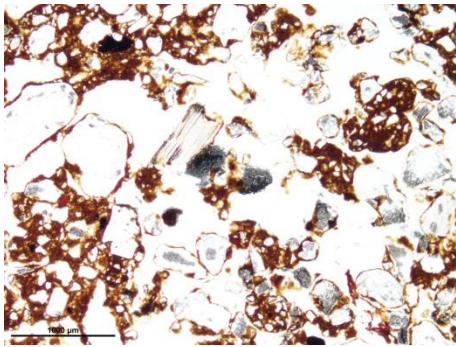


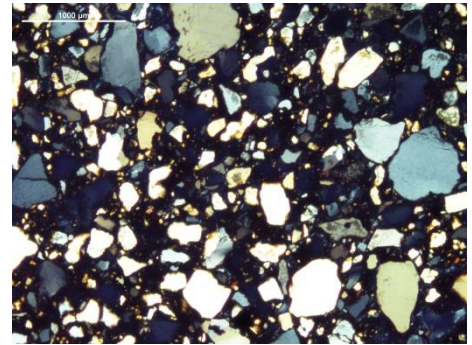
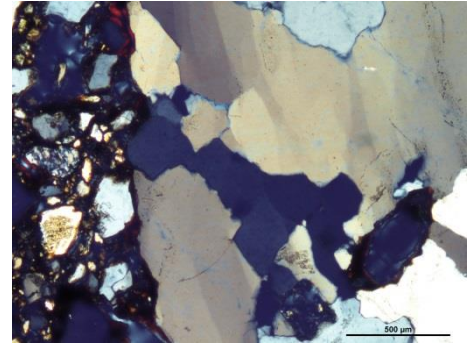
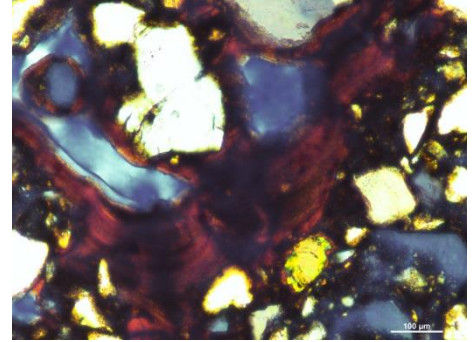
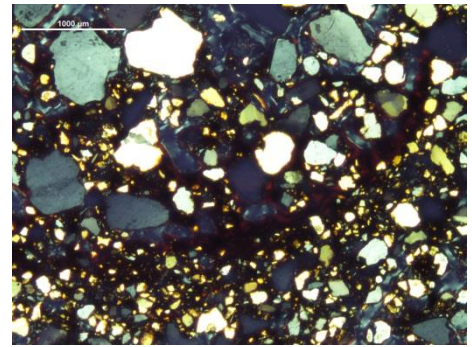
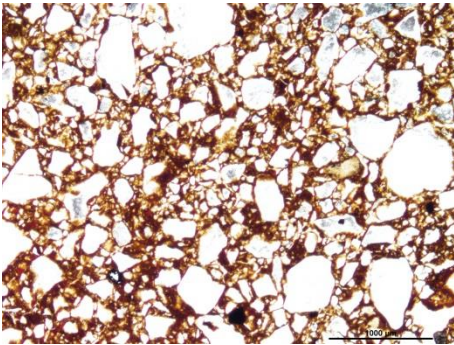
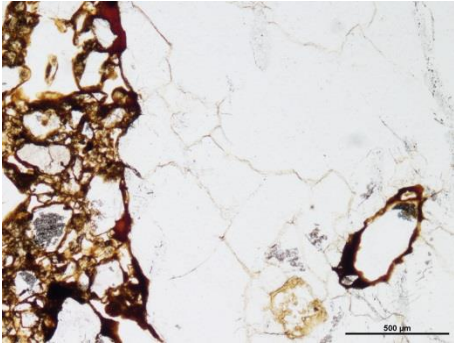
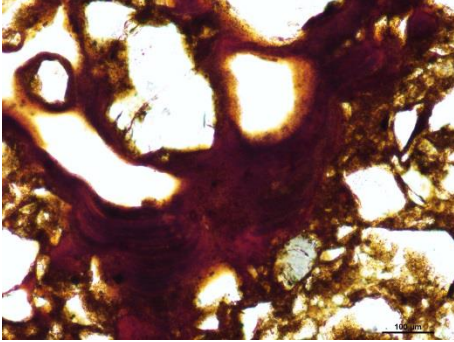
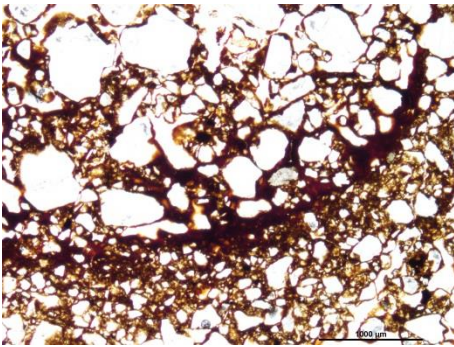
1000 µm



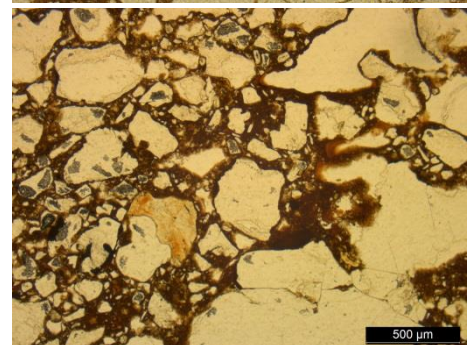
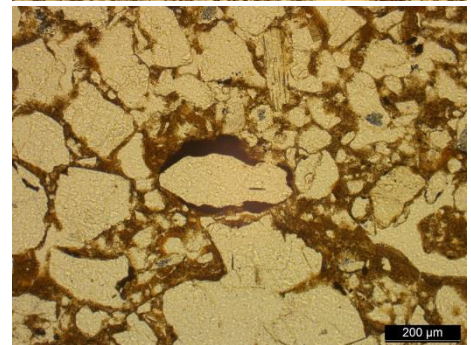
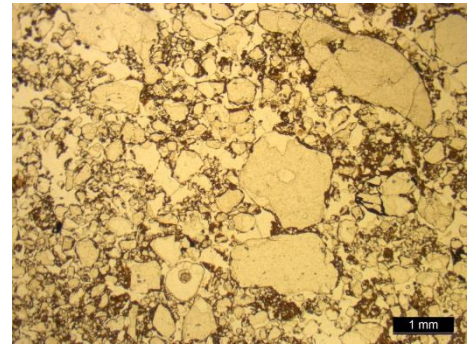
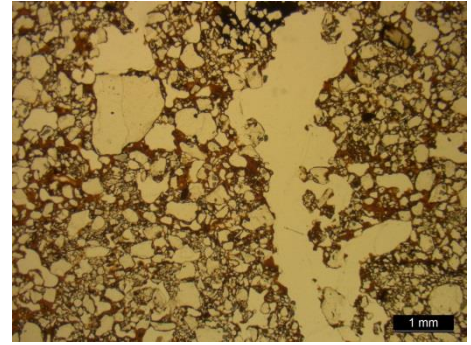
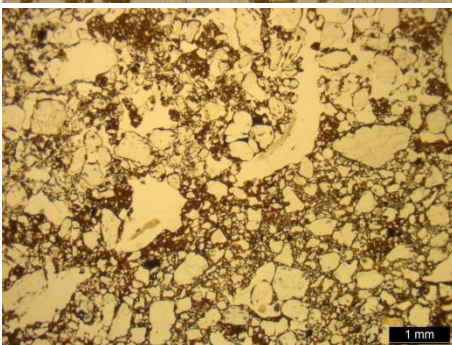
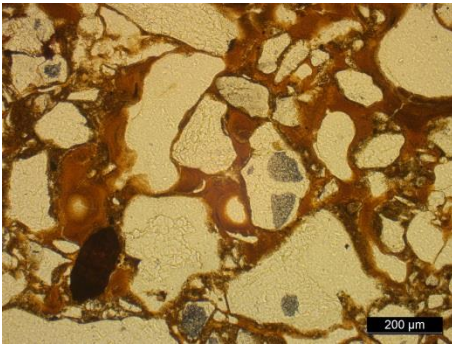
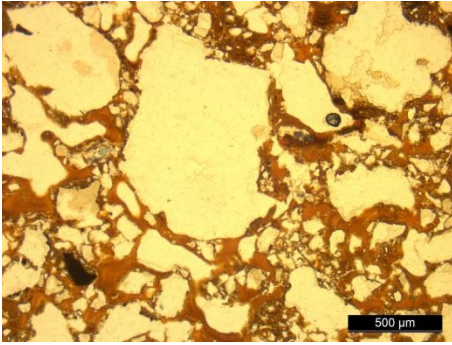
100 µm



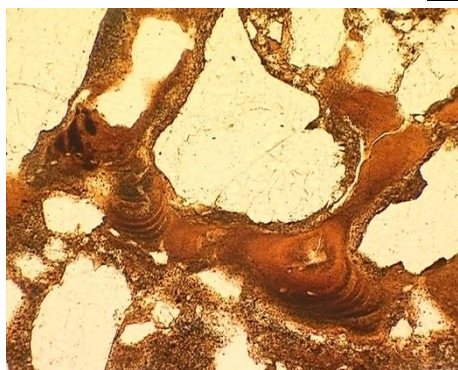




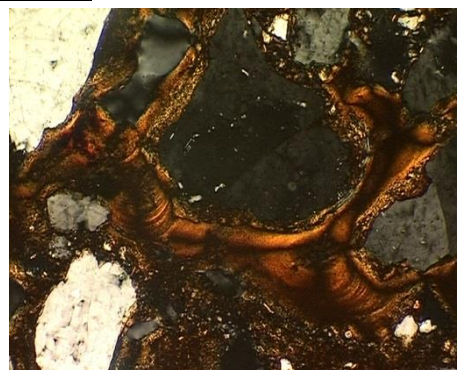
Paris IPH – Perna/90cm



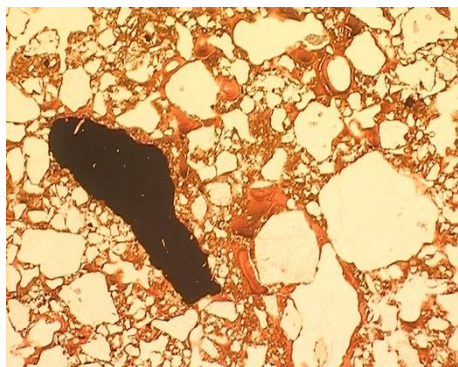
Tautavel sem escala – Perna/90cm



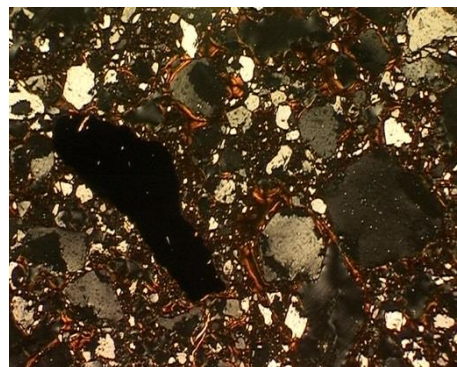
10x



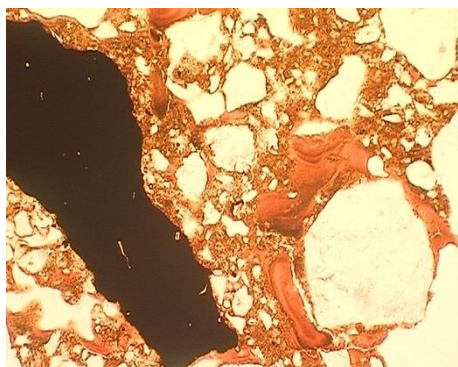
10x



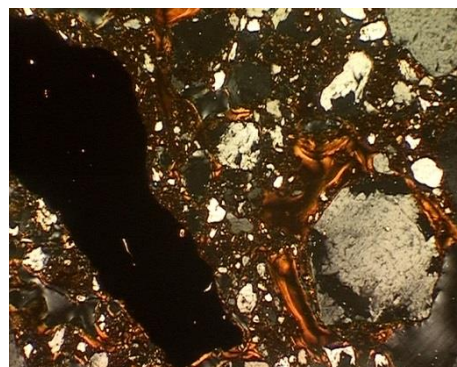
2x



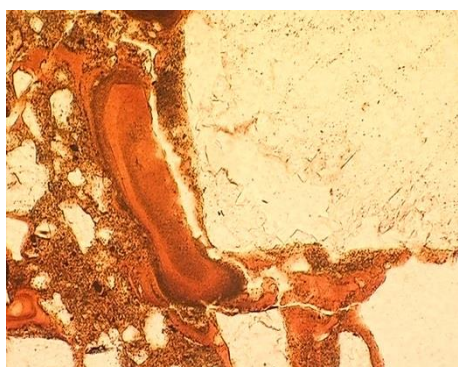
2x



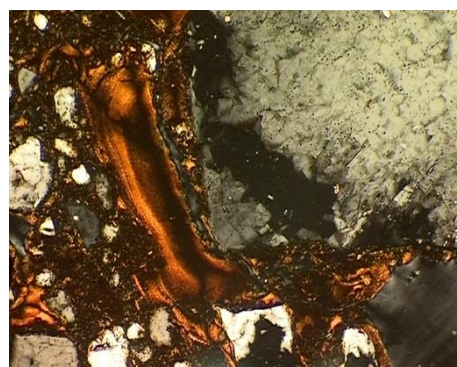
4x



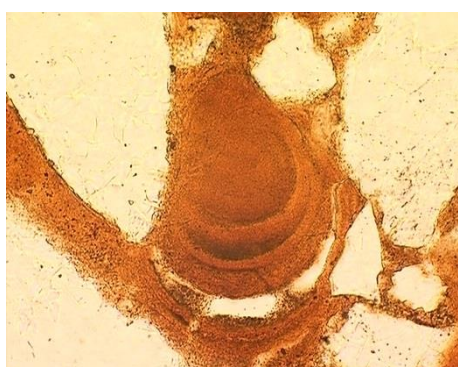
4x



10x



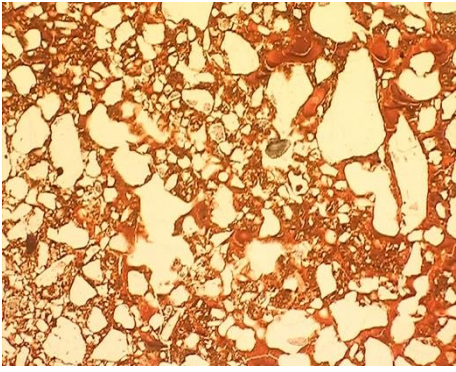
10x



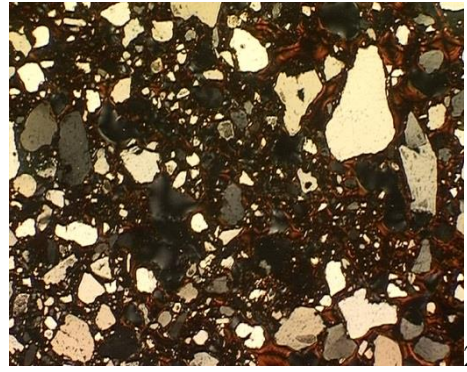
20x



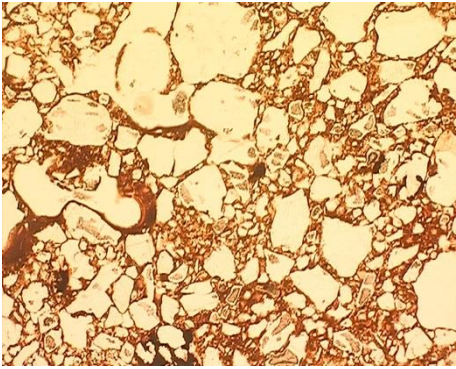
20x



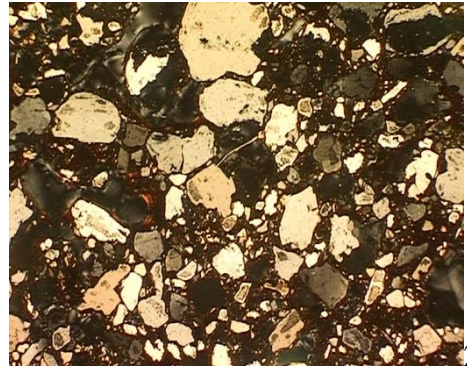
2



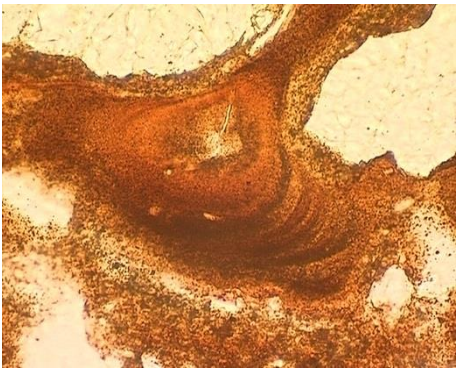
2x



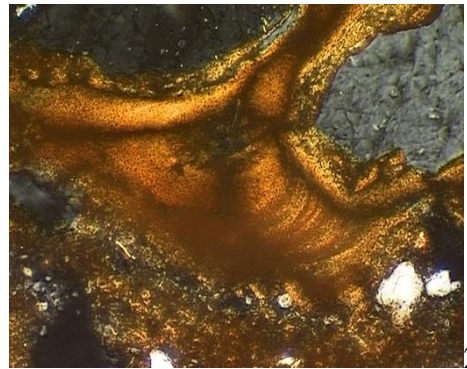
2x



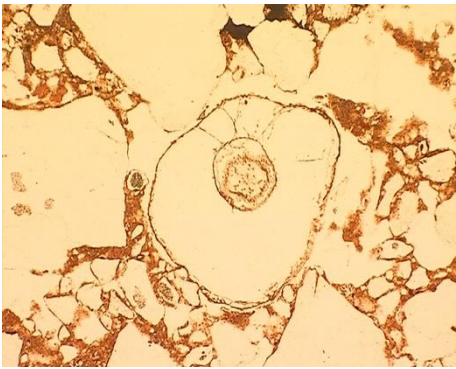
2x



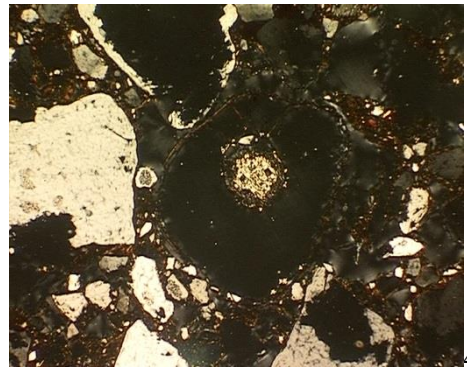
20x



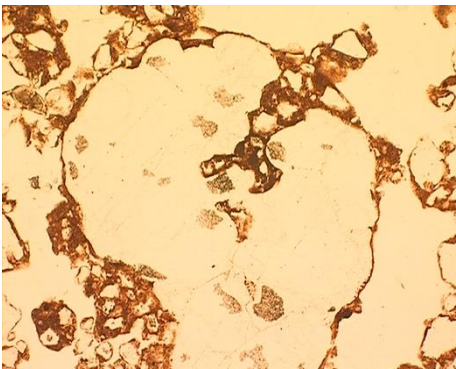
20x



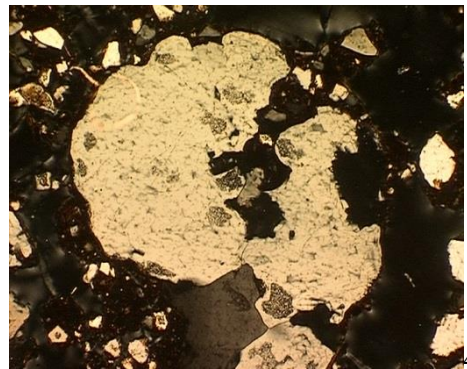
4x



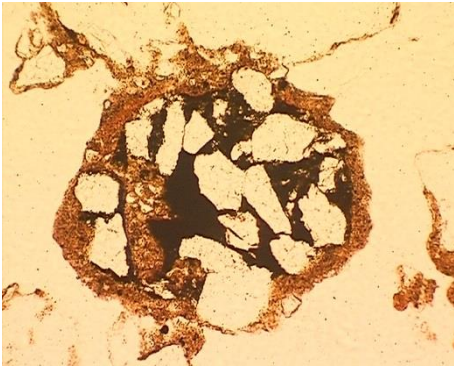
4x



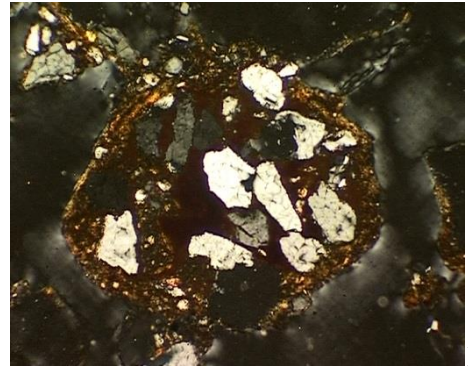
4x



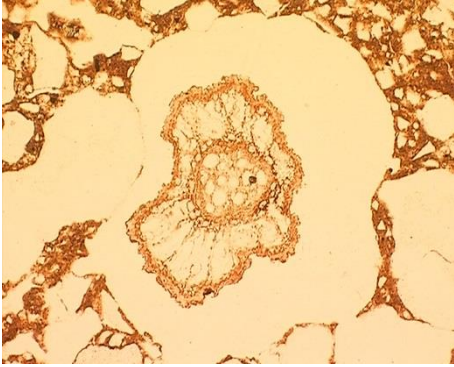
4x



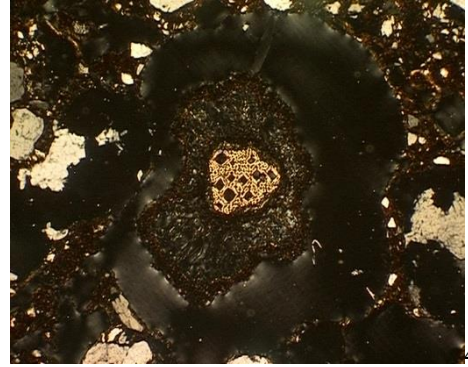
10x



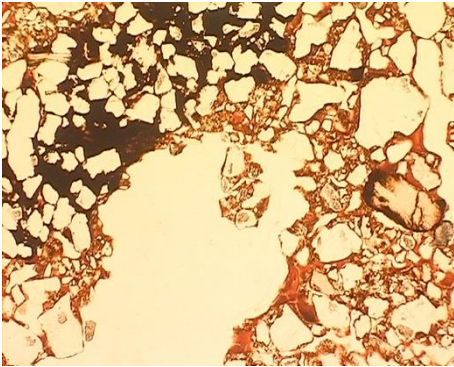
10x



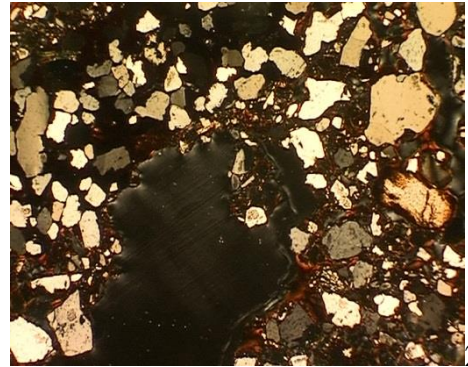
4x



4x

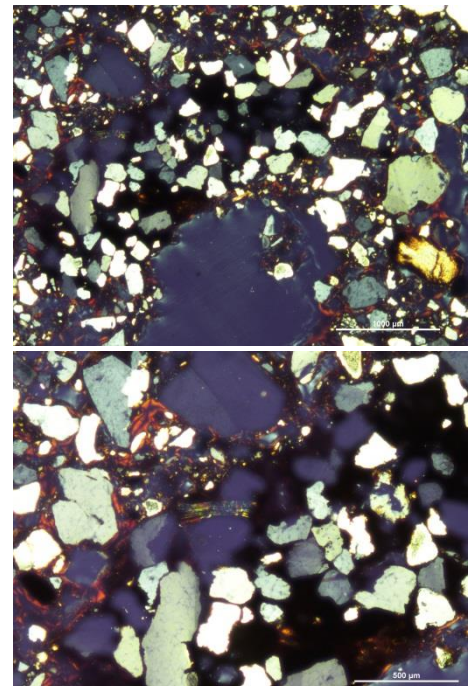
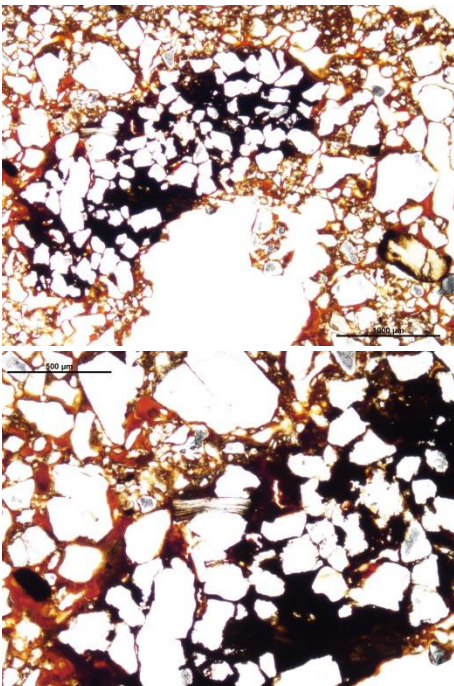


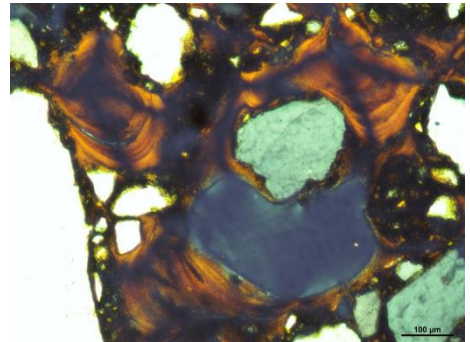
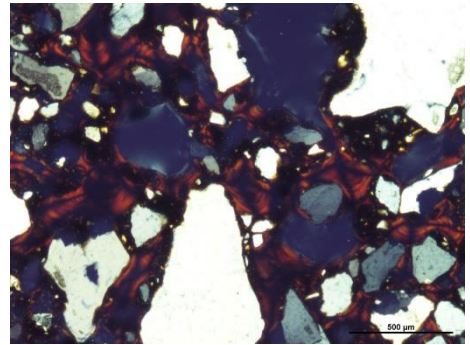
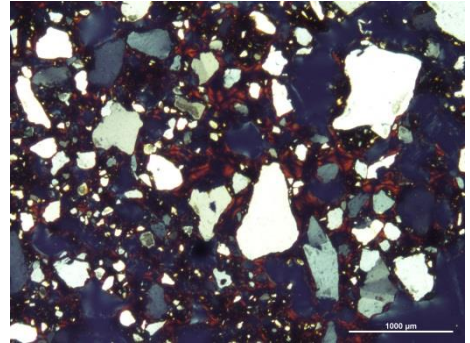
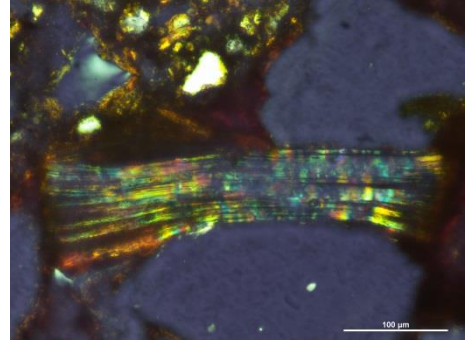
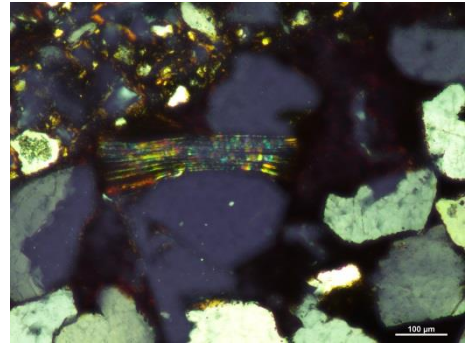
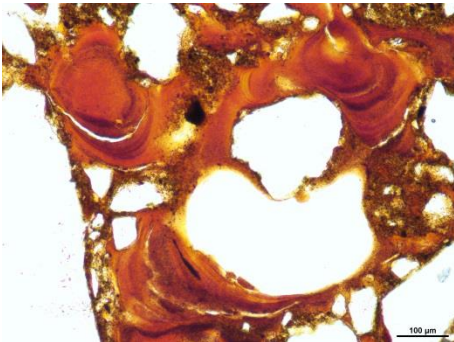
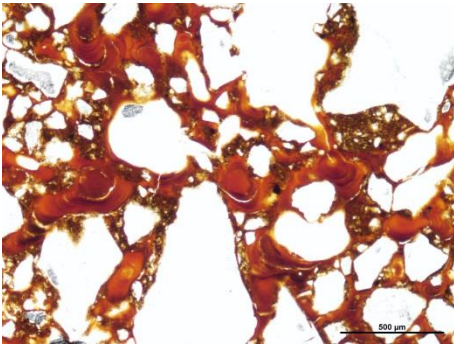
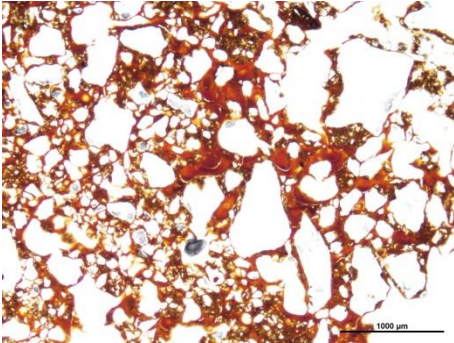
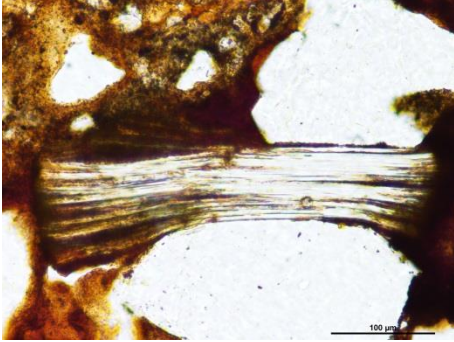
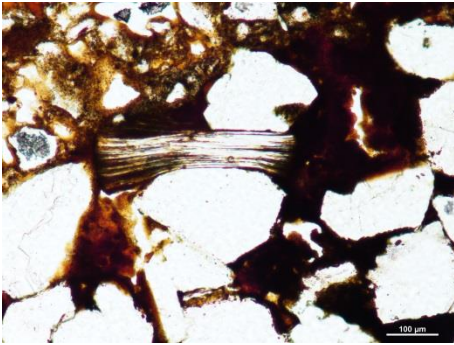
2x

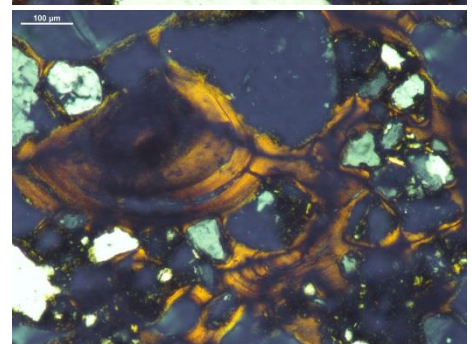
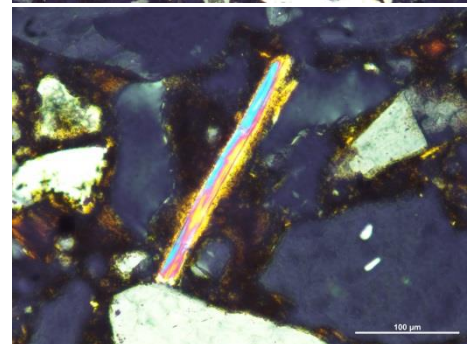
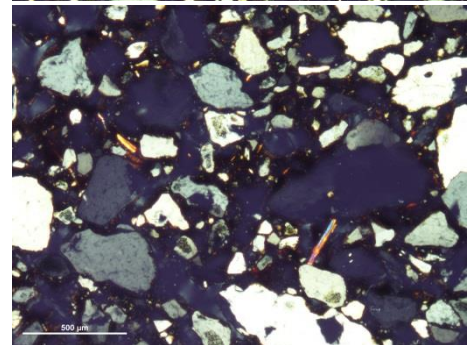
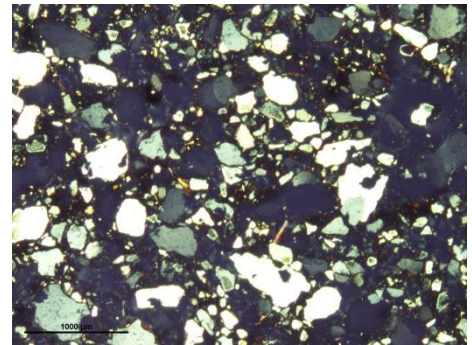
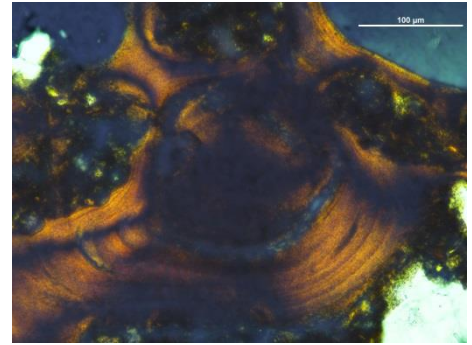
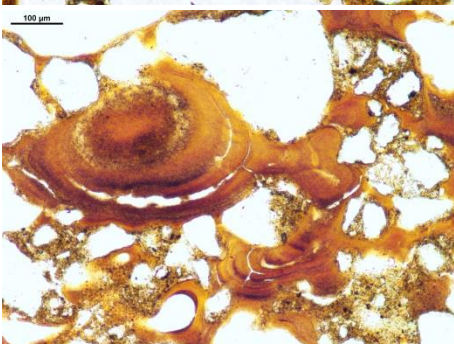
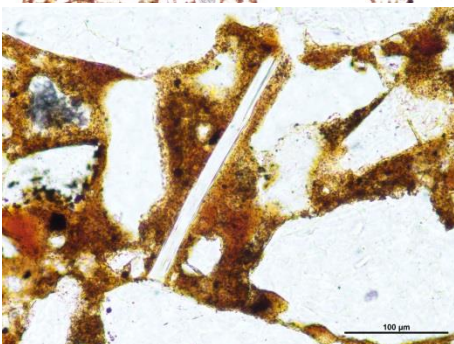
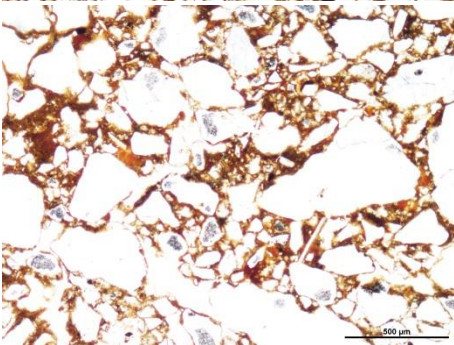
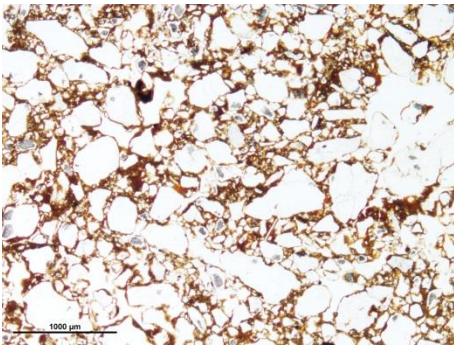
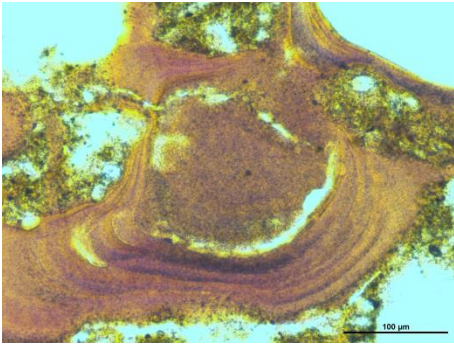


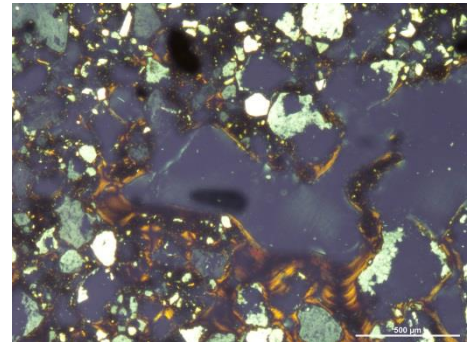
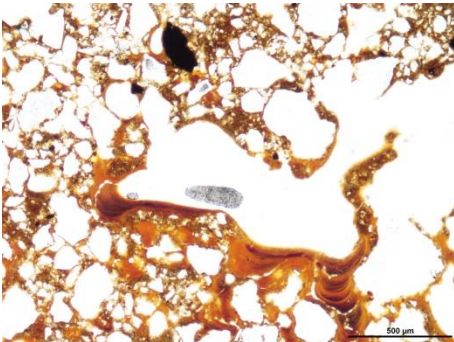
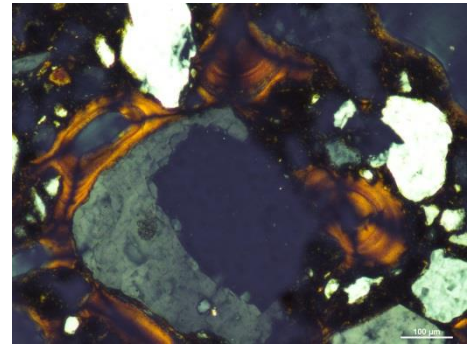
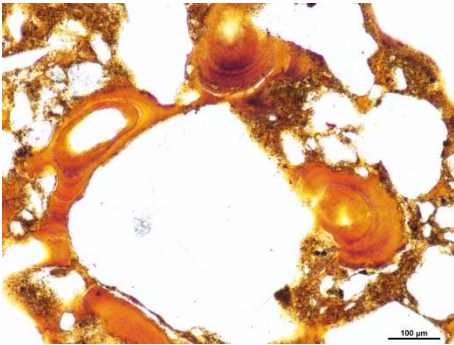
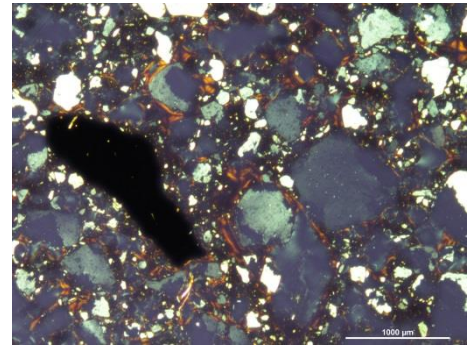
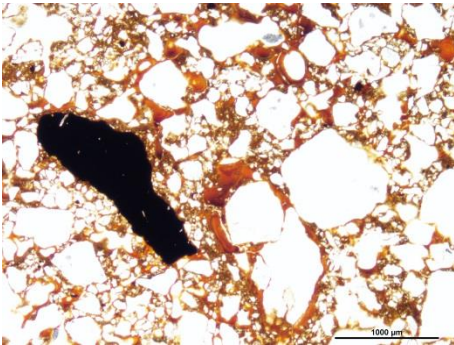
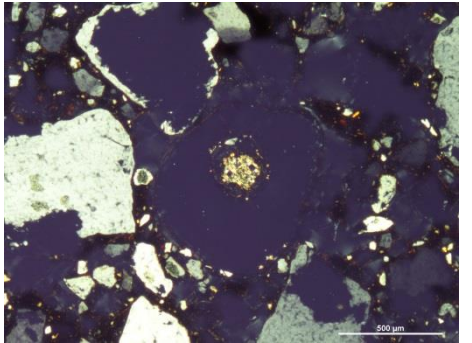
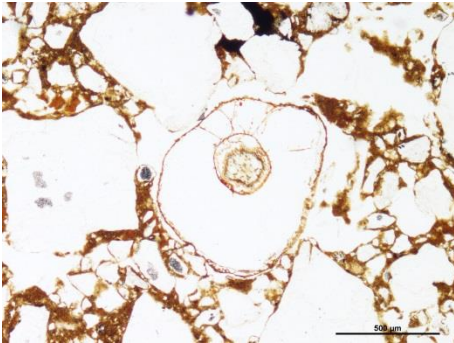
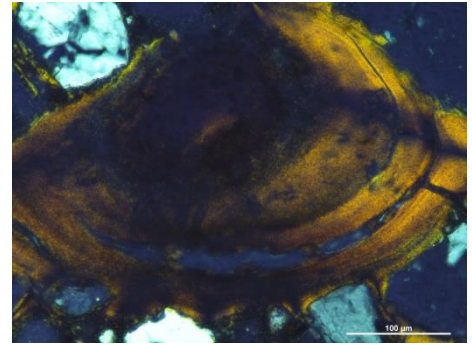
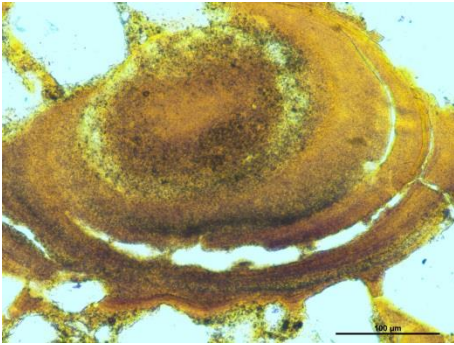
2x

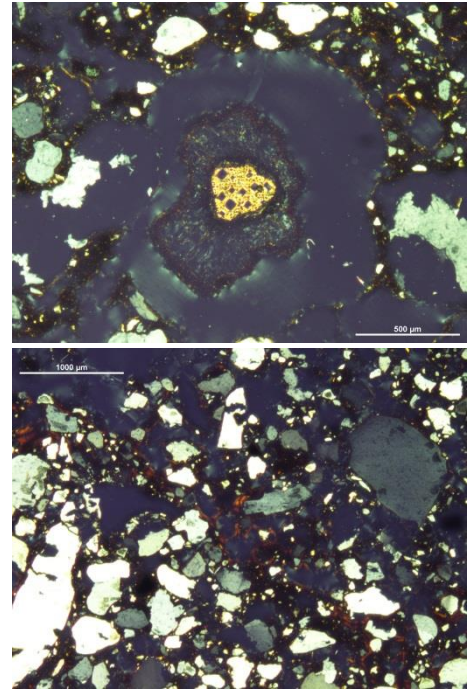
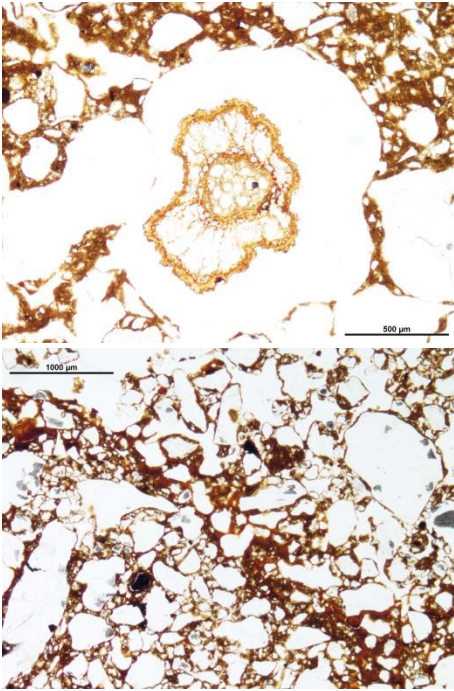
Tautavel definitivas – Perna/90cm



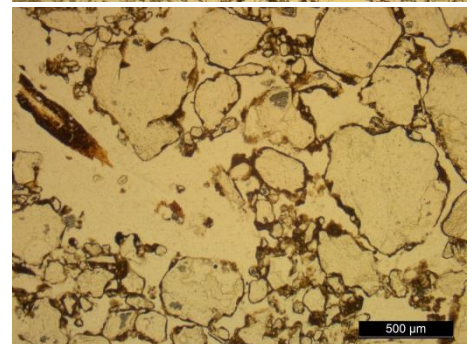
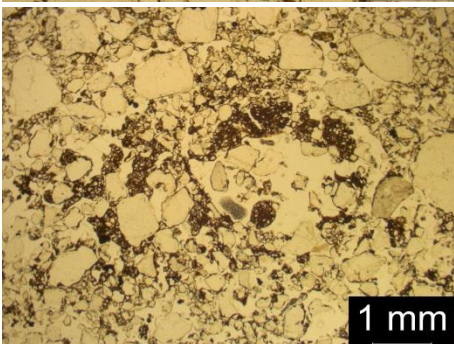
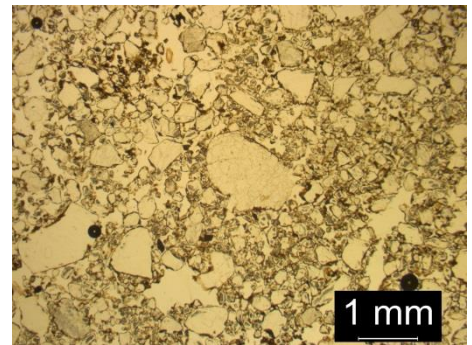
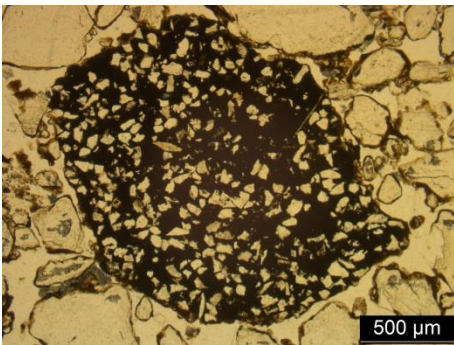
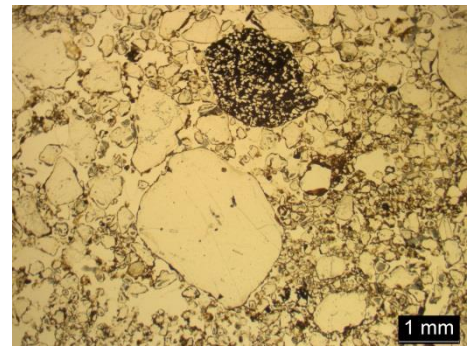
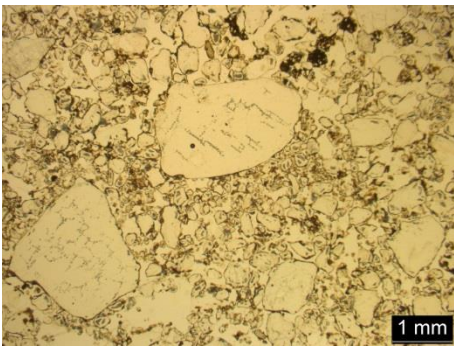


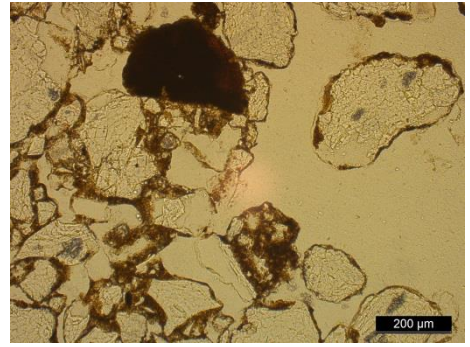
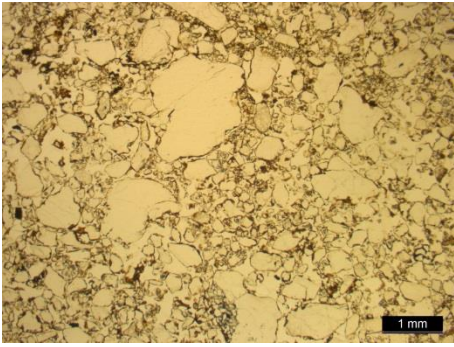




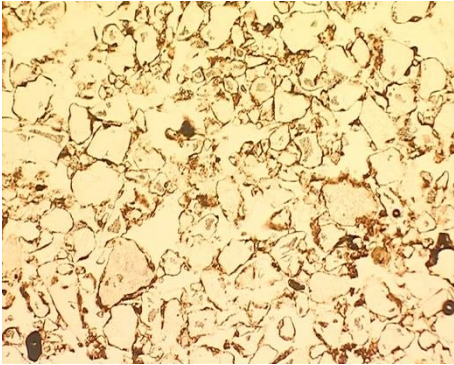


Paris IPH – Perna/50cm

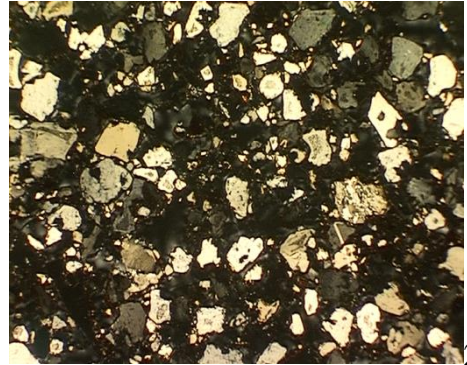




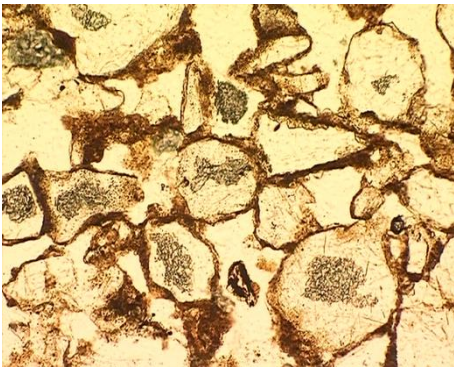
Tautavel sem escala – Perna/50cm



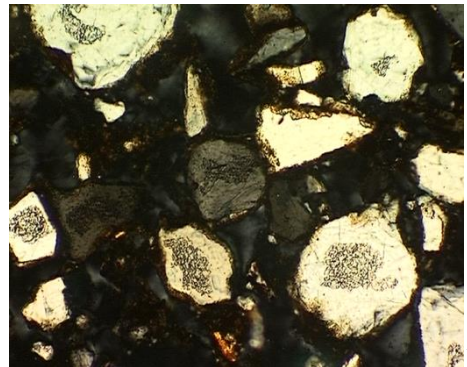
2x



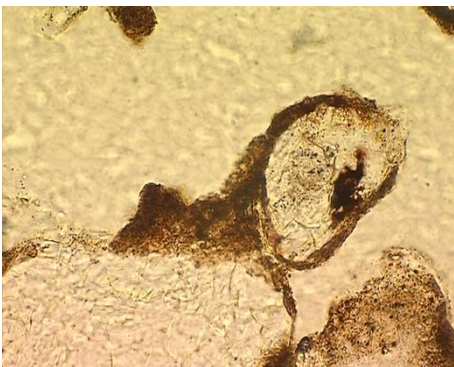
2x



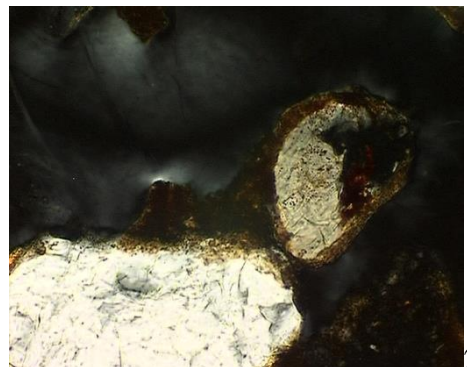
10x



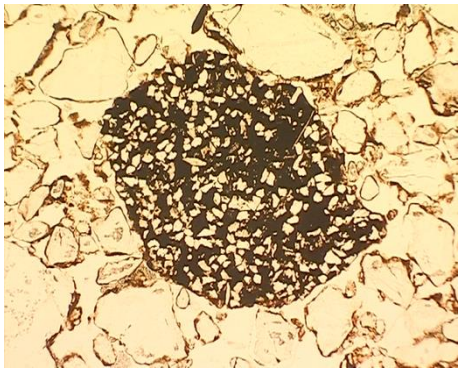
10x



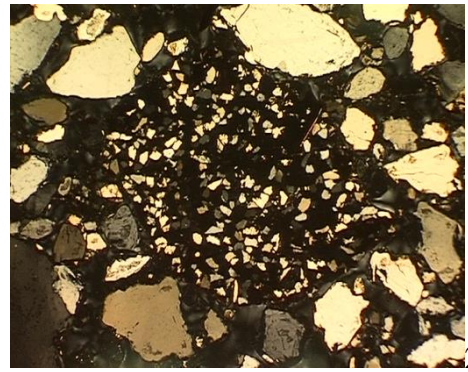
20x



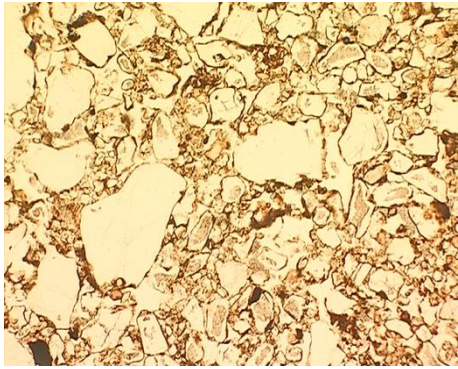
20x



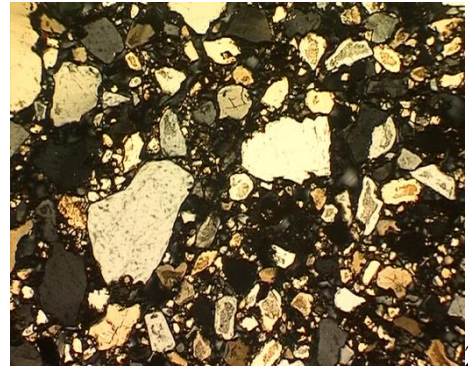
2x



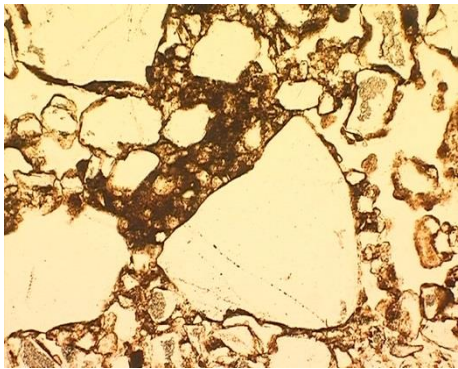
2x



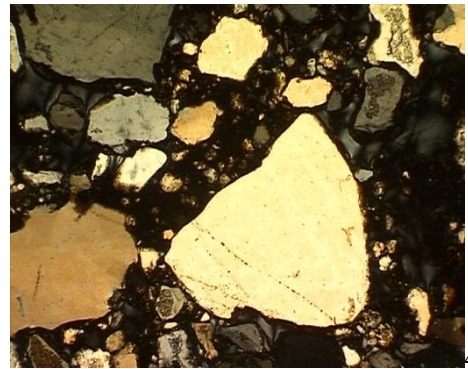
2x



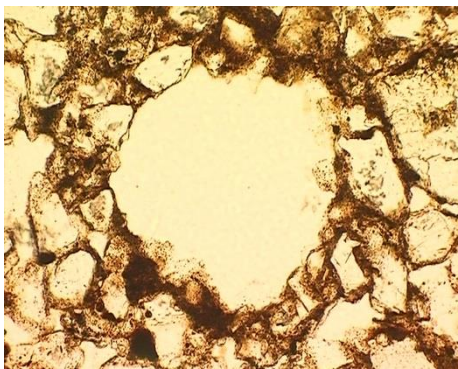
2x



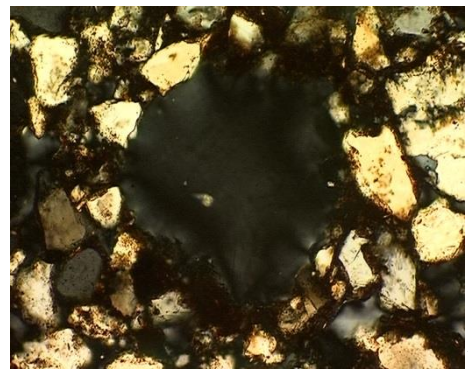
4x



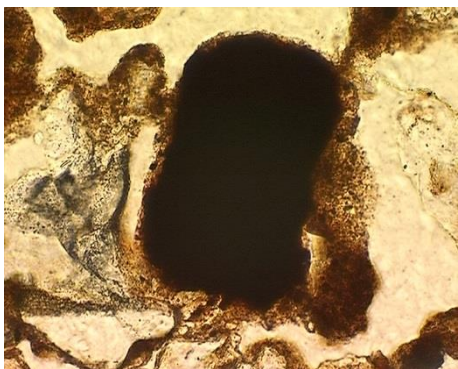
4x



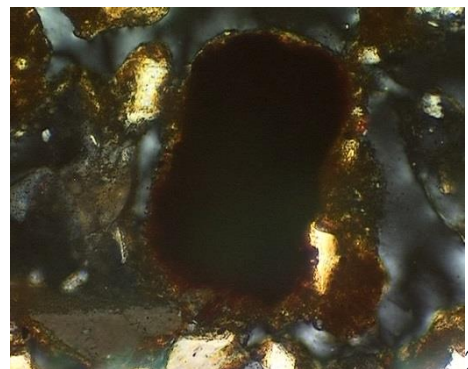
10x



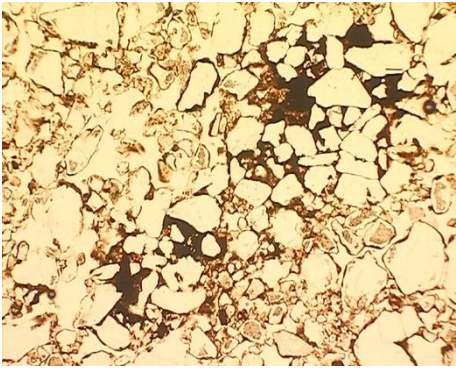
10x



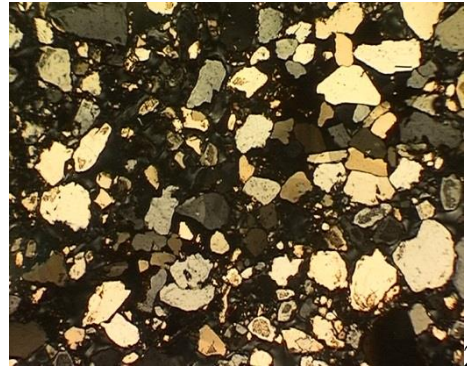
20x



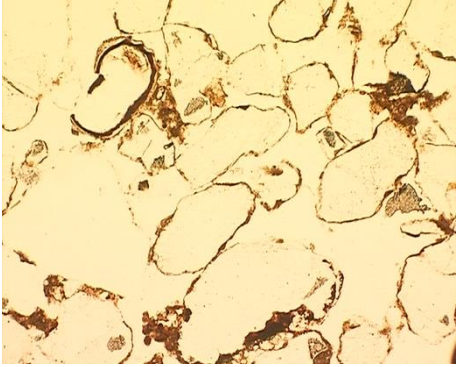
20x



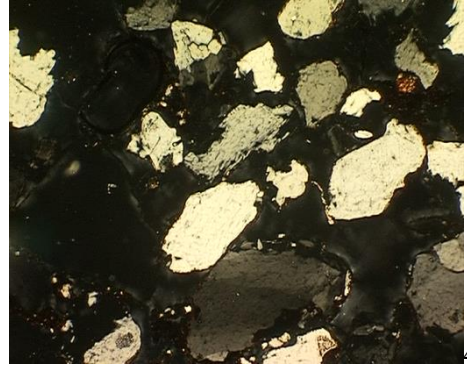
2x



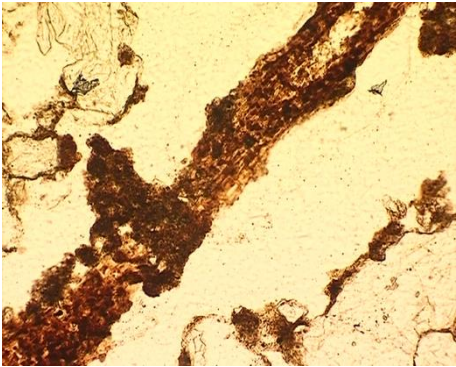
2x



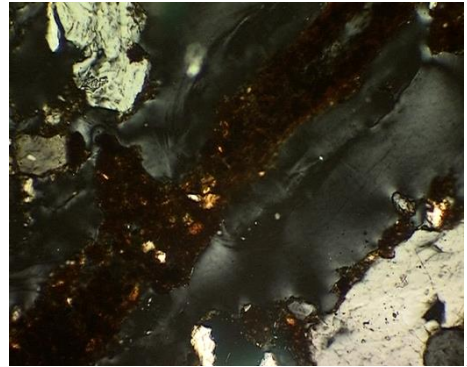
4x



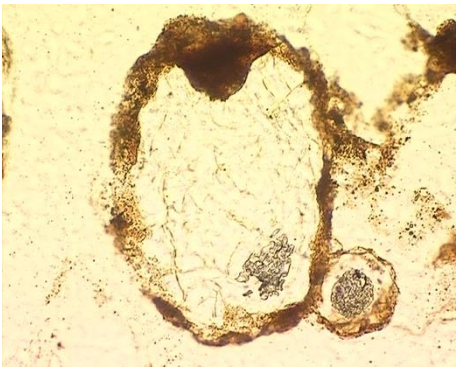
4x



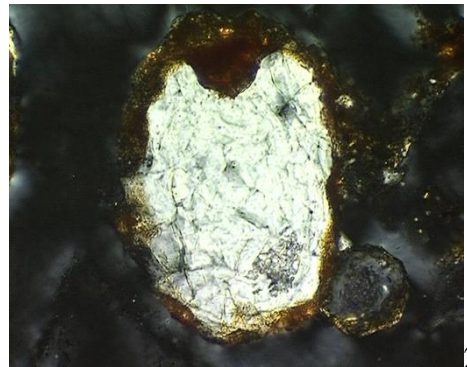
10x



10x

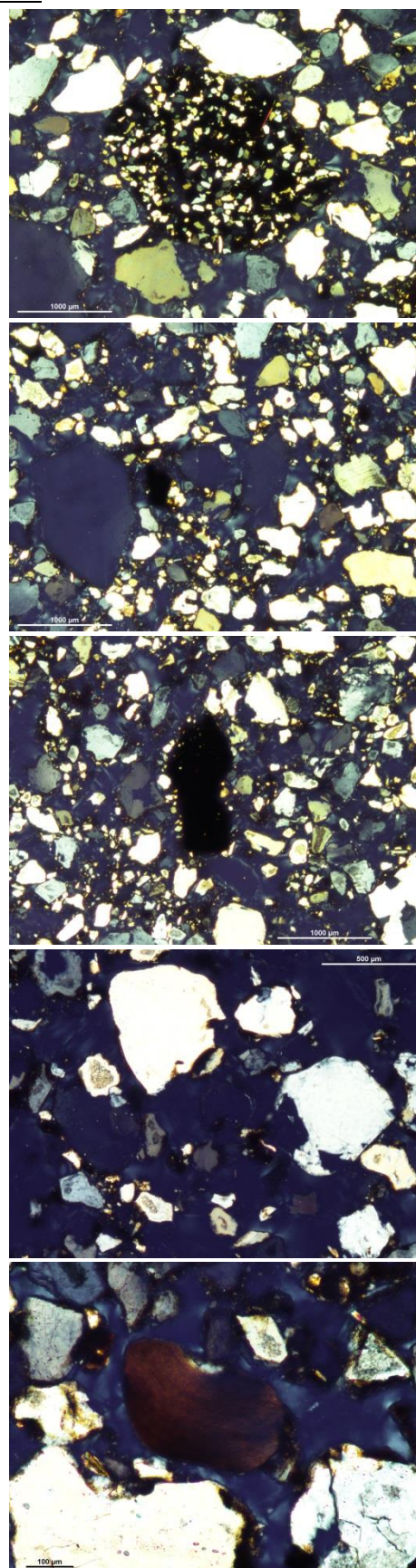
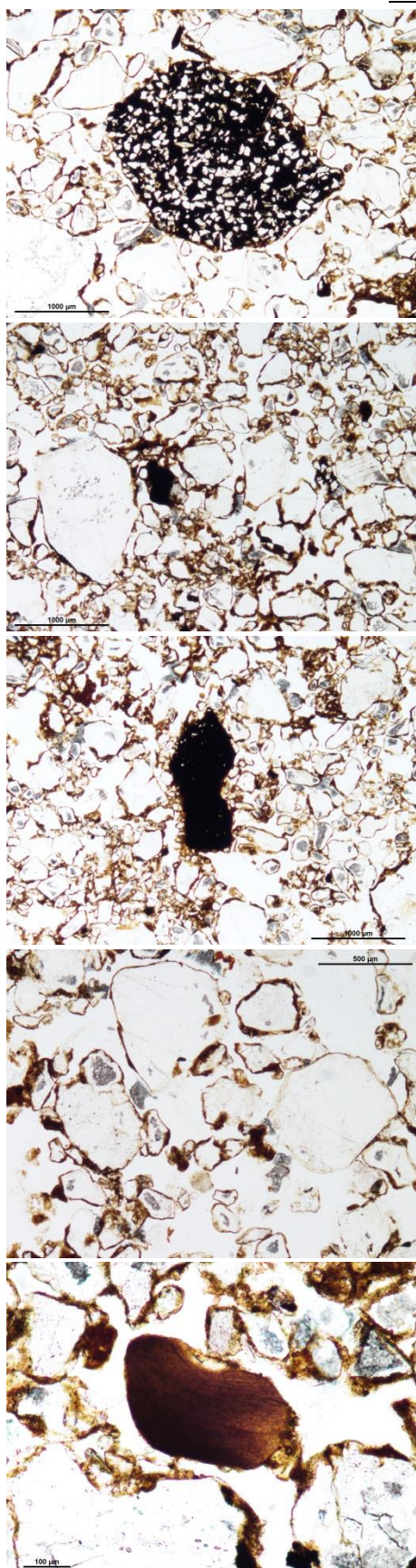


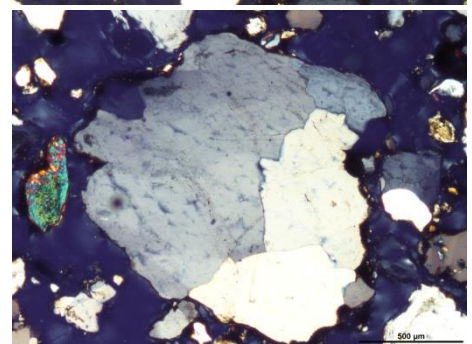
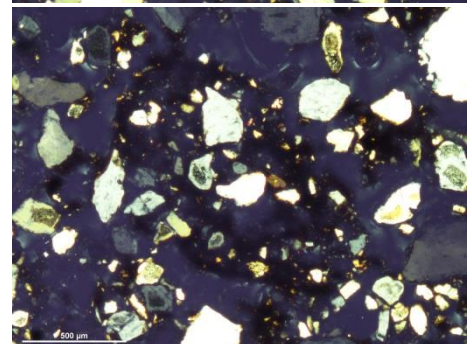
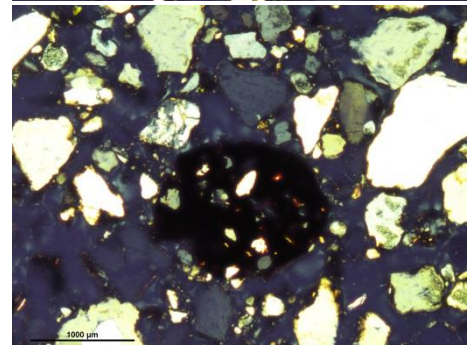
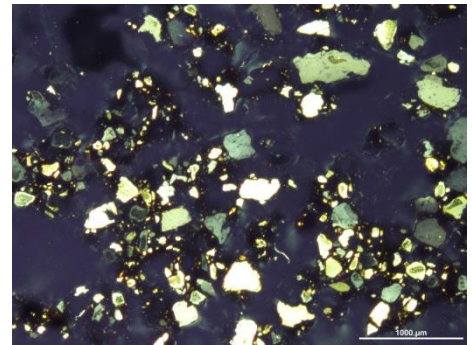
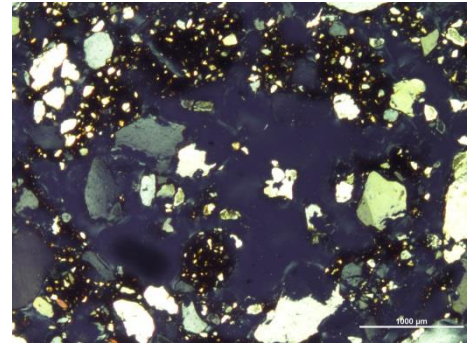
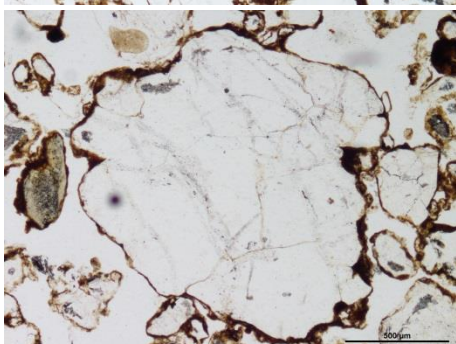
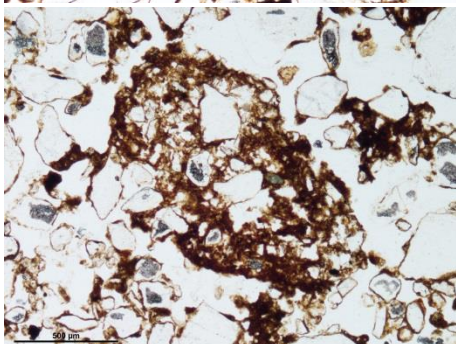
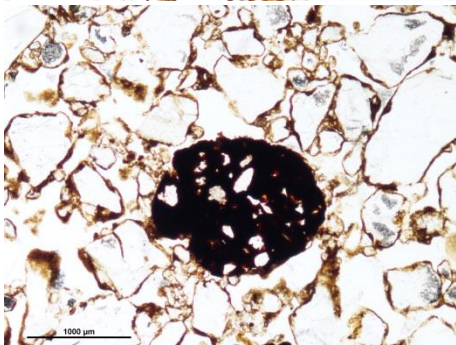
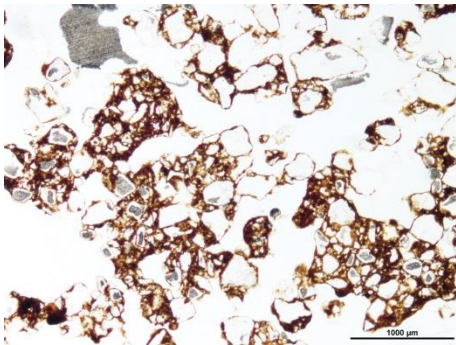
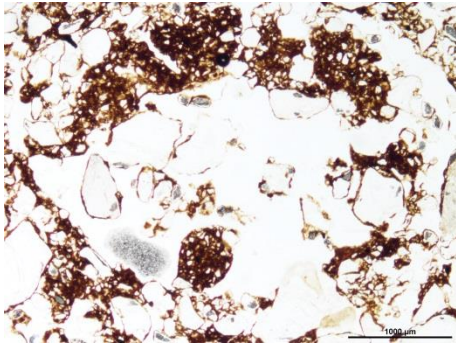
20x



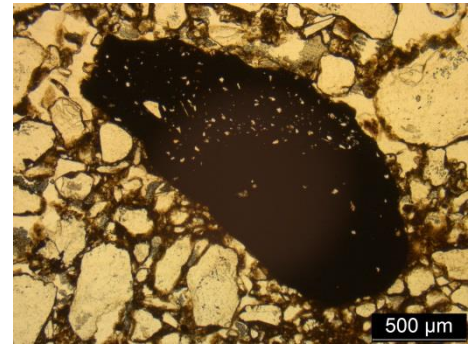
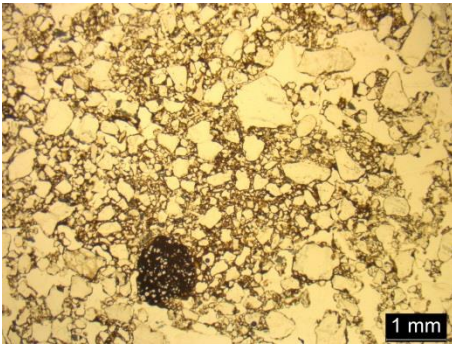
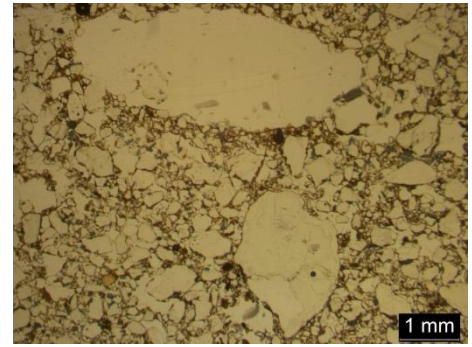
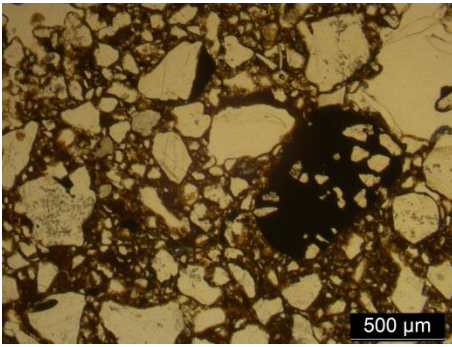
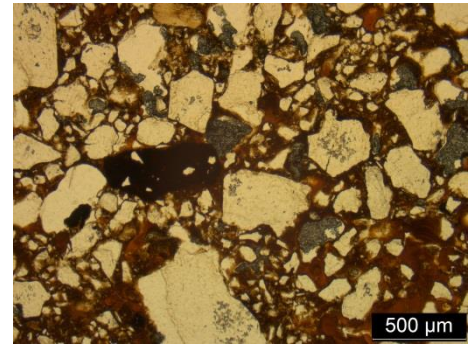
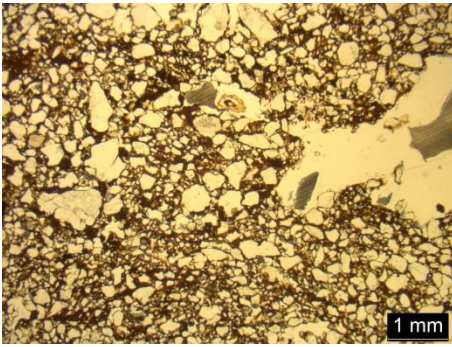
20x

Tautavel definitivas – Perna/50cm

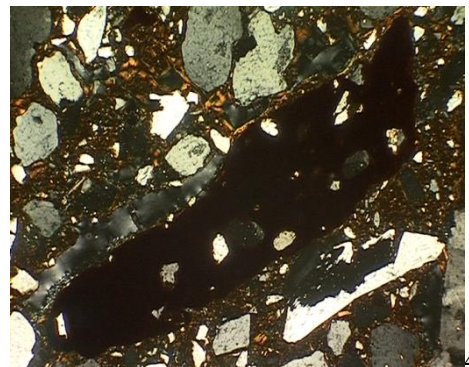
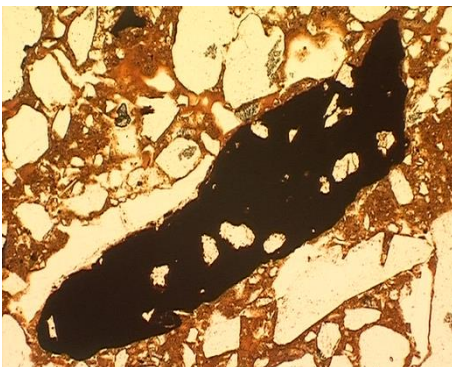


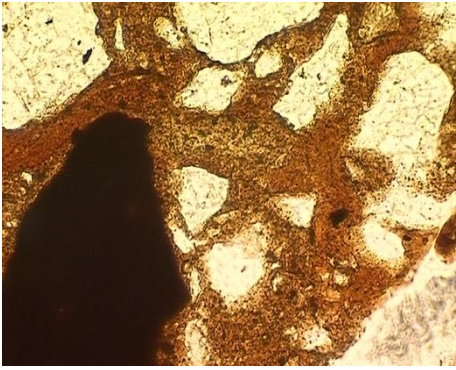


Paris IPH – Perna/15cm

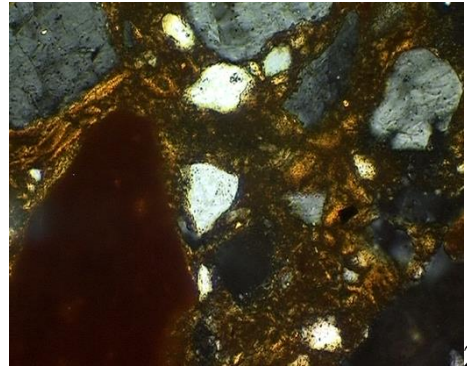


Tautavel sem escala – Perna/15cm

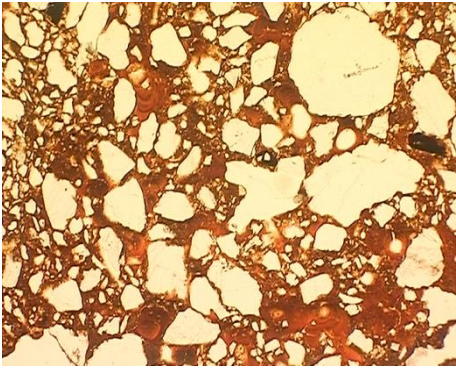




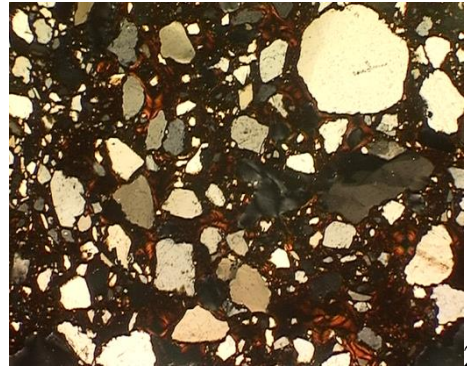
20x



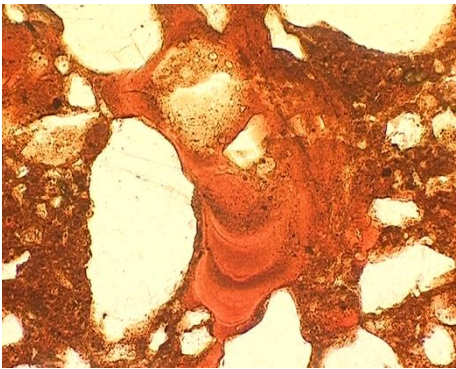
20x



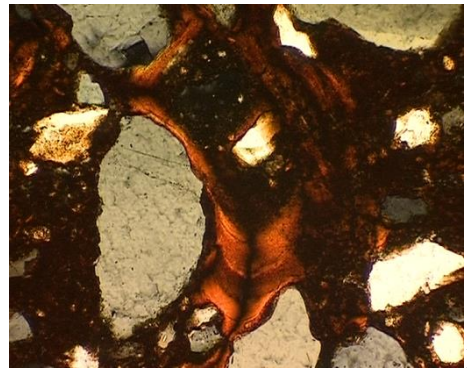
2x



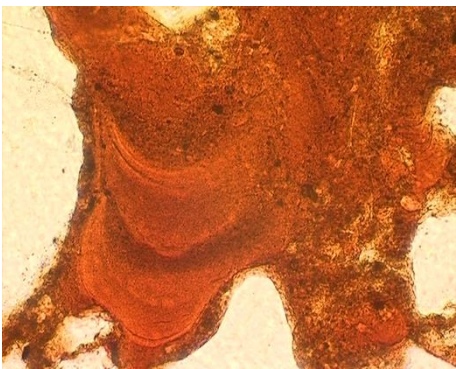
2x



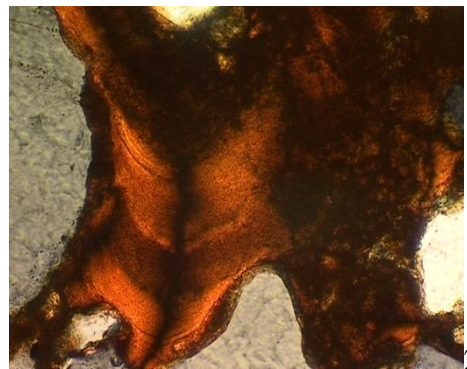
10x



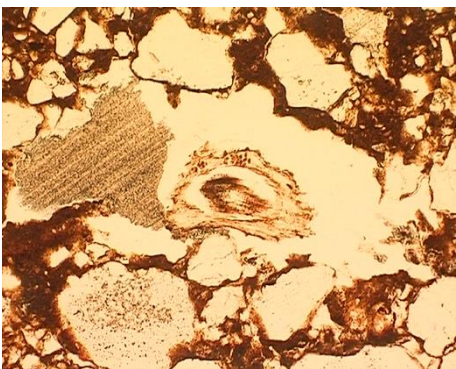
10x



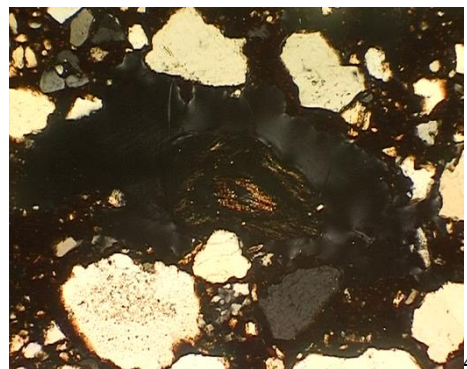
20x



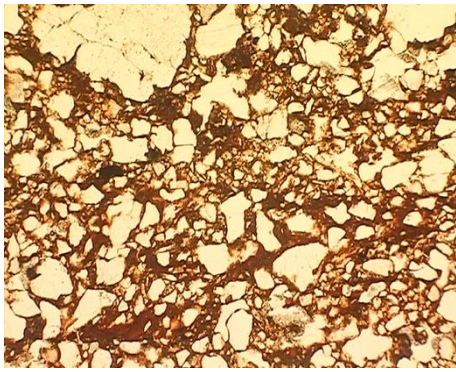
20x



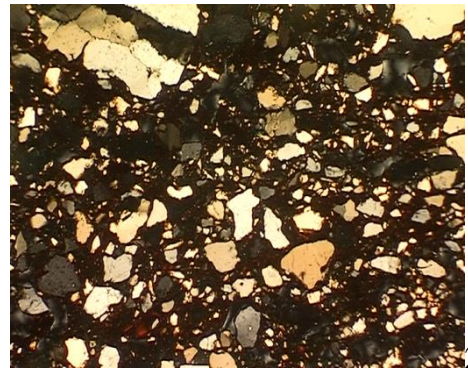
4x



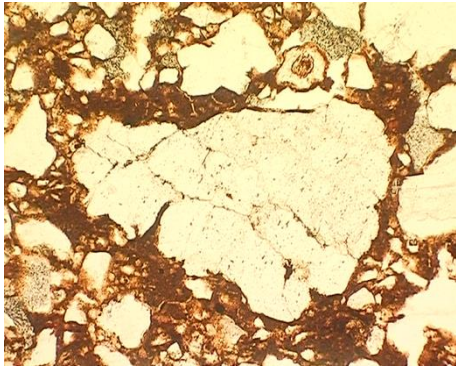
4x



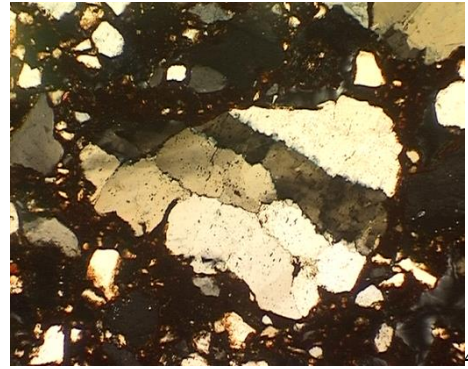
2x



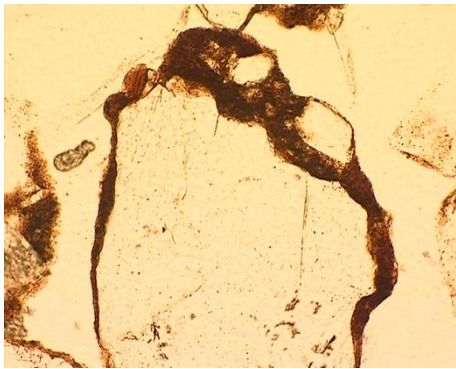
2x



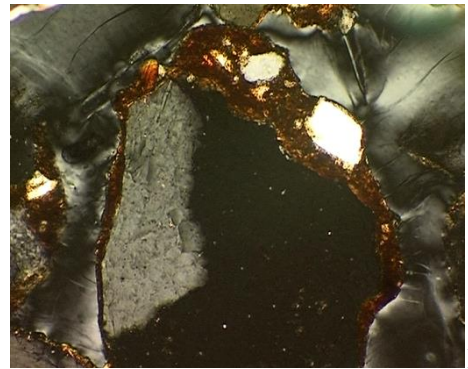
4x



4x

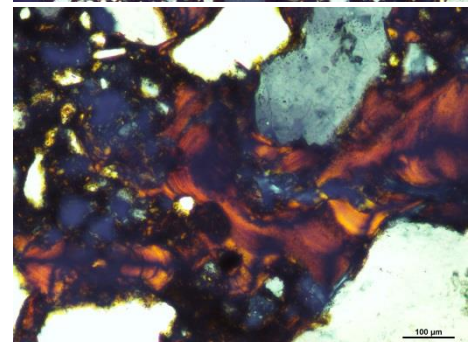
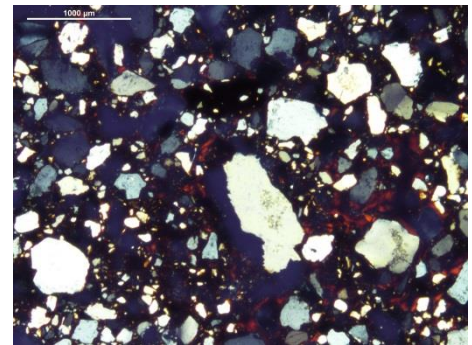
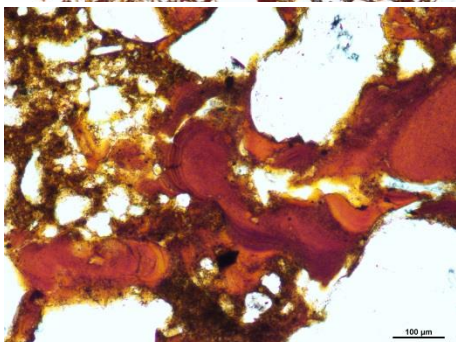
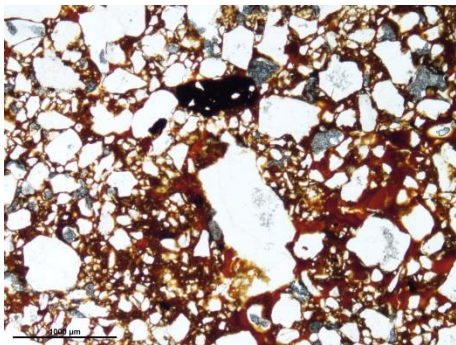


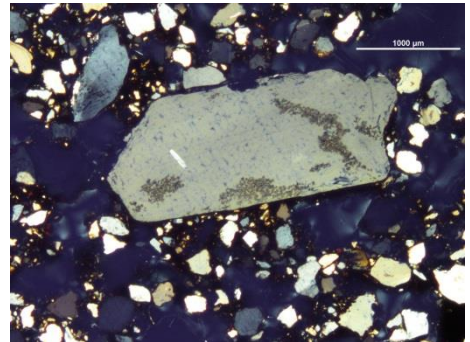
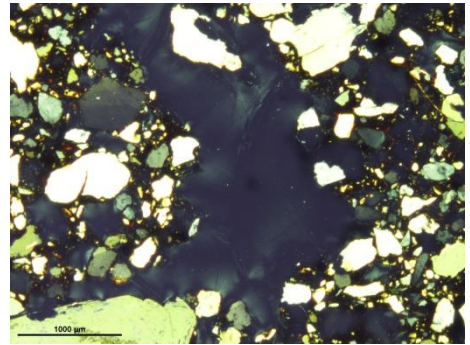
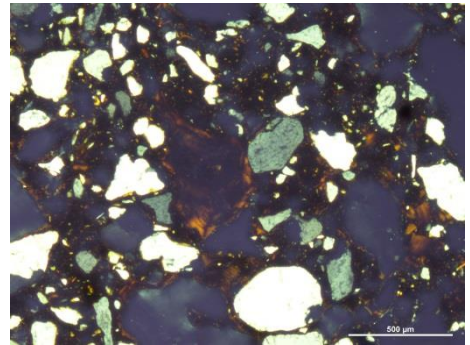
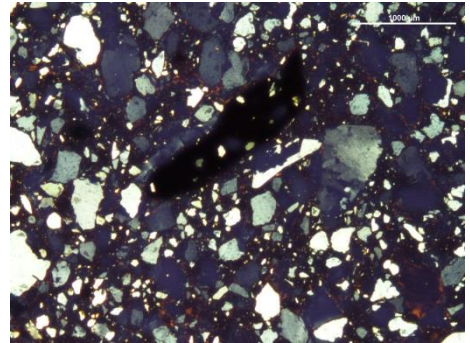
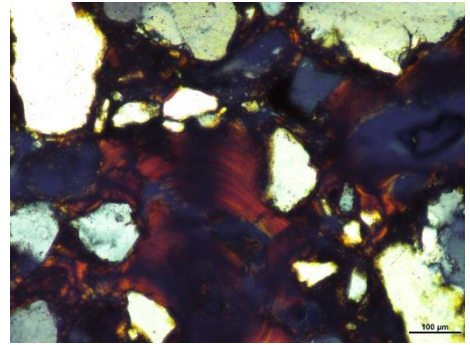
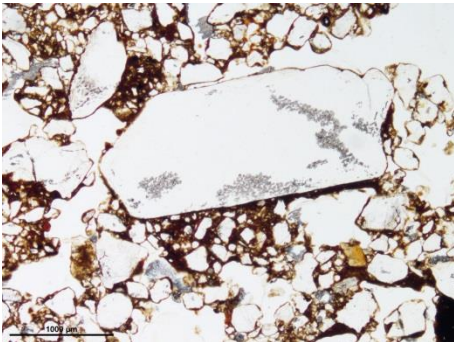
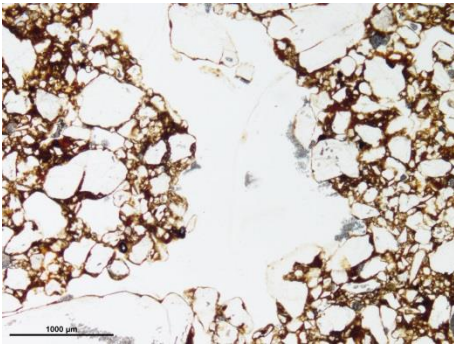
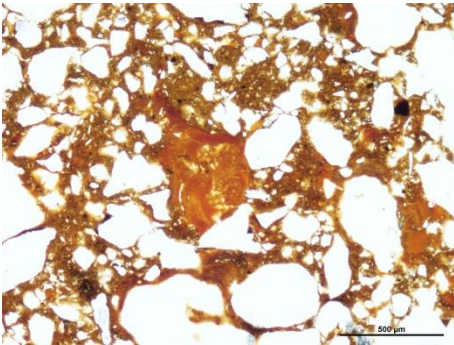
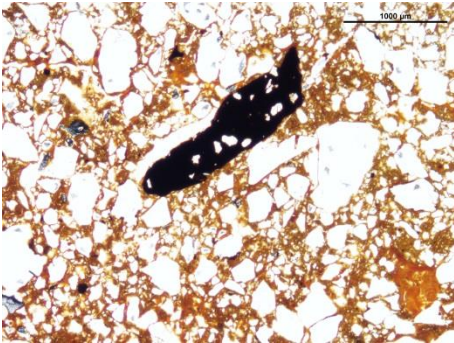
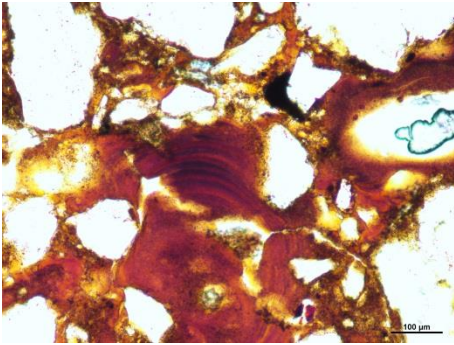
10x

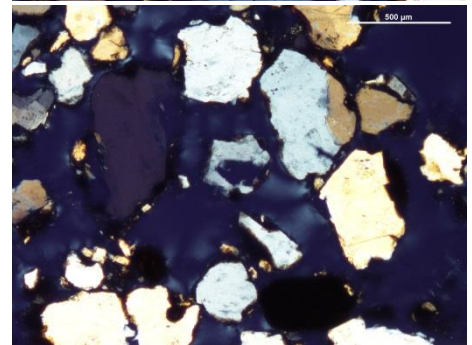
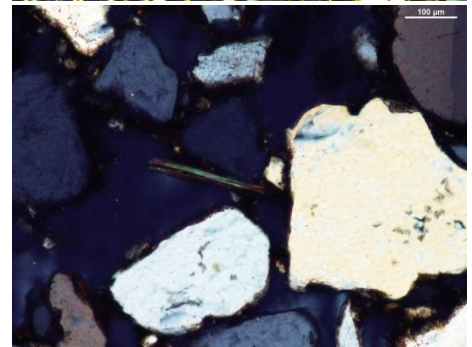
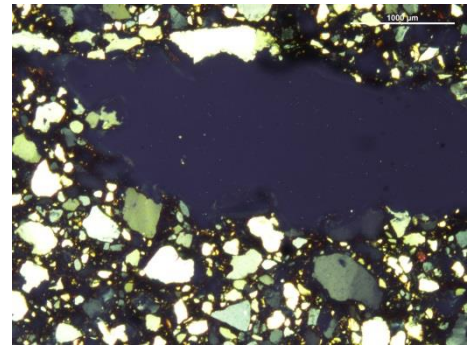
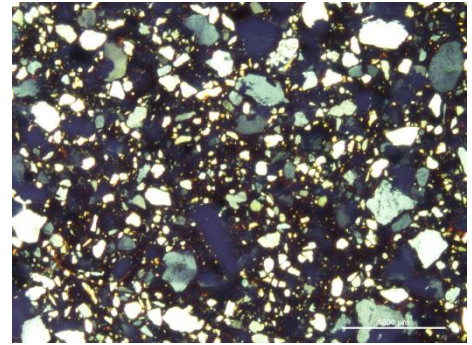
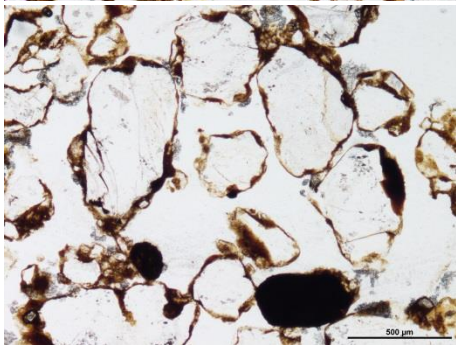
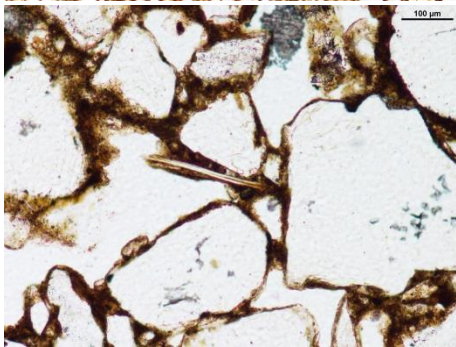
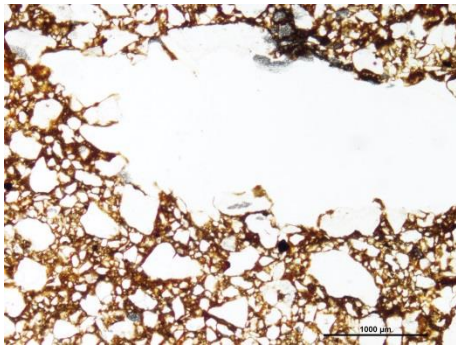
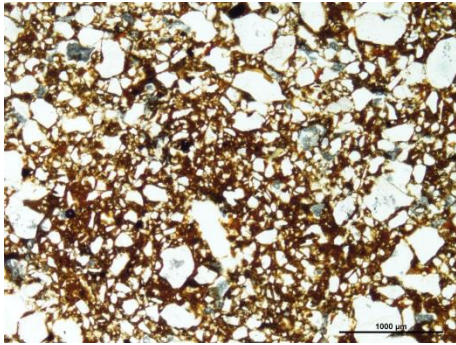


10x

Tautavel definitivas – Perna/15cm

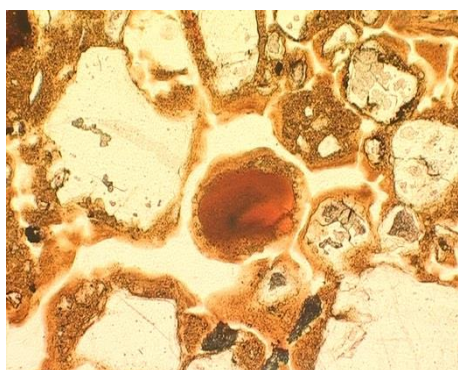




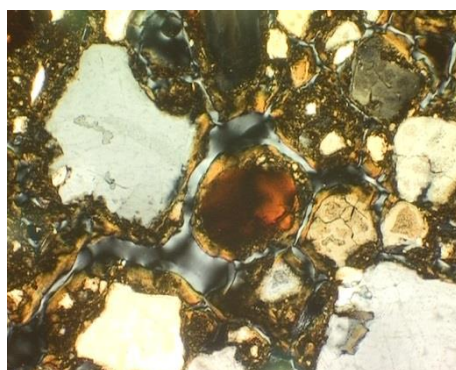


EMA I

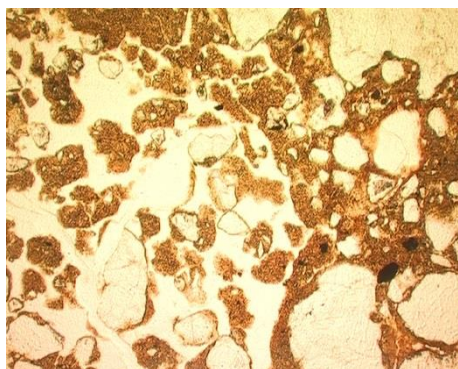
Tautavel sem escala – Ema/270cm



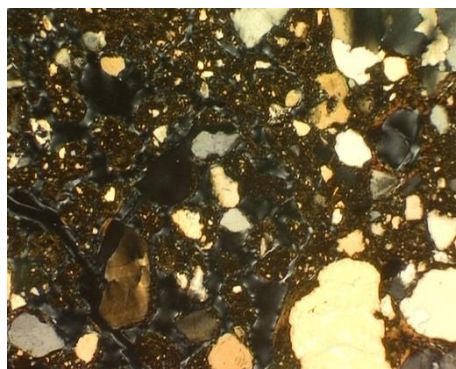
4x



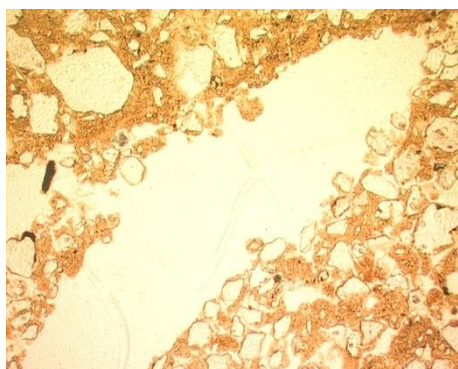
4x



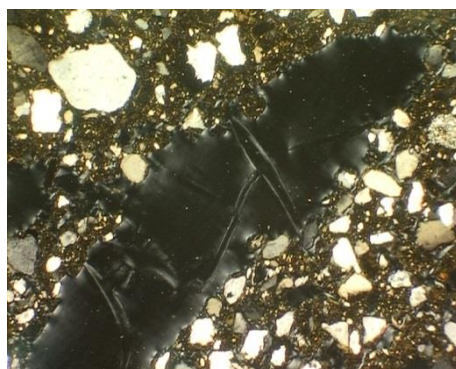
2x



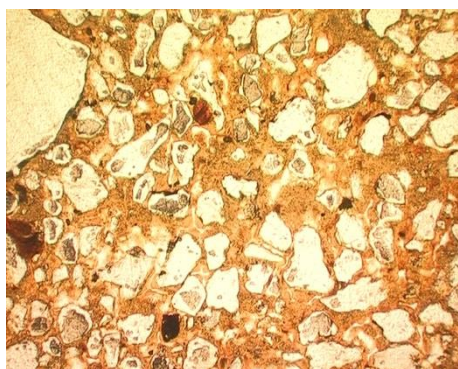
2x



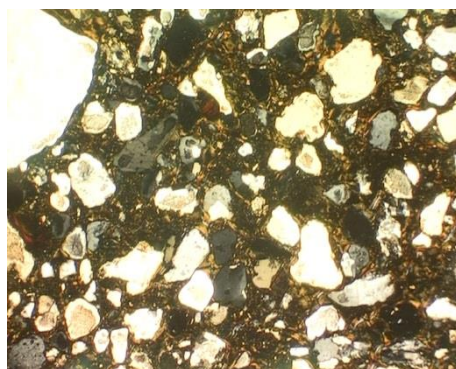
2x



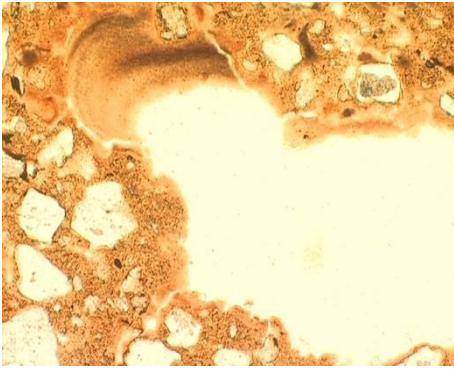
2x



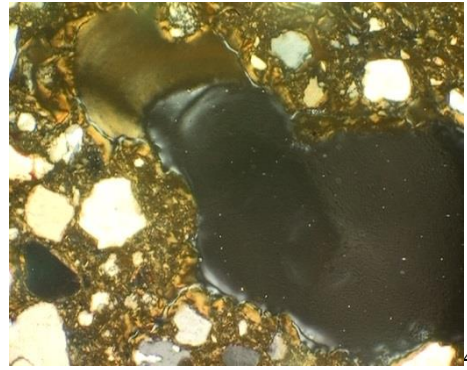
2x



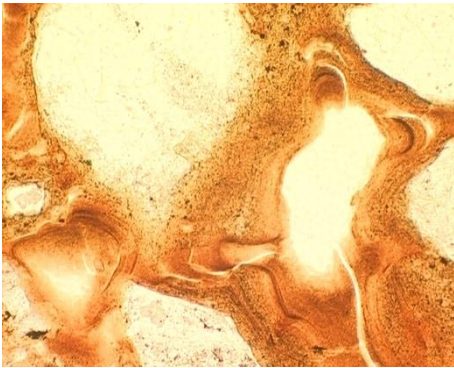
2x



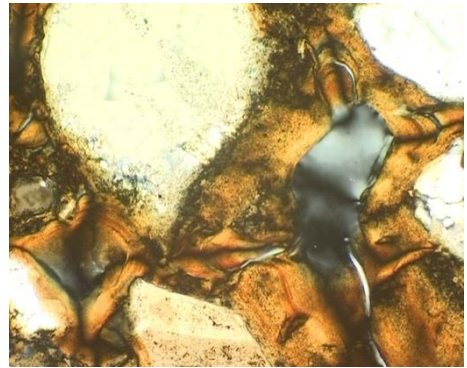
4x



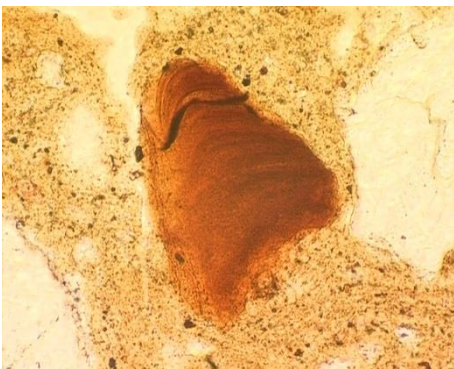
4x



10x



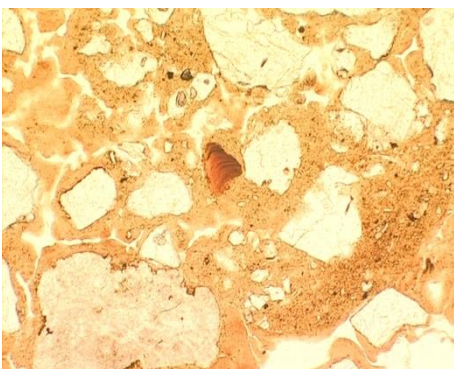
10x



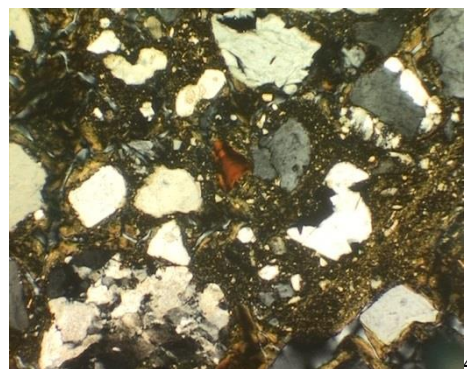
20x



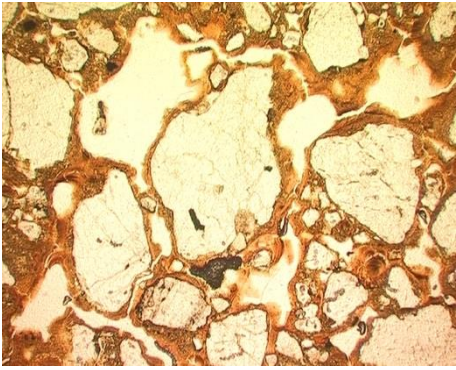
20x



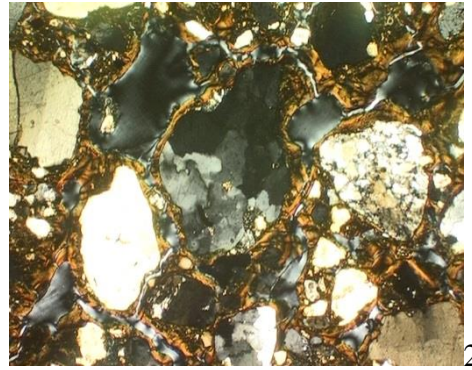
4x



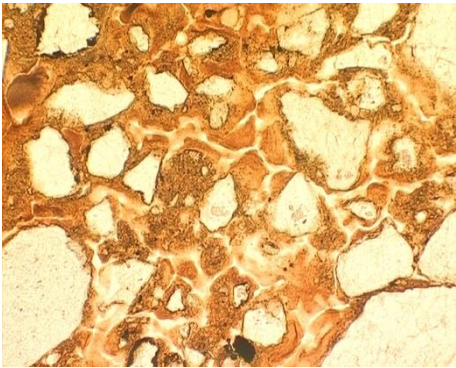
4x



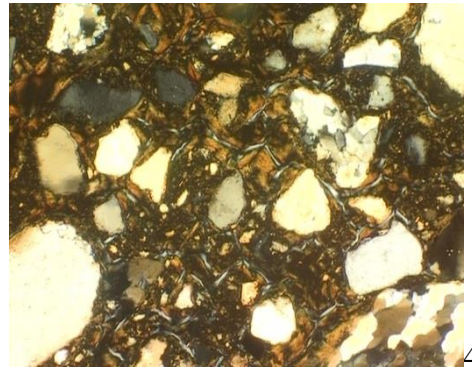
2x



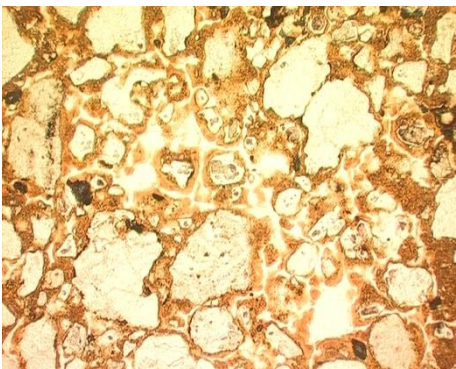
2x



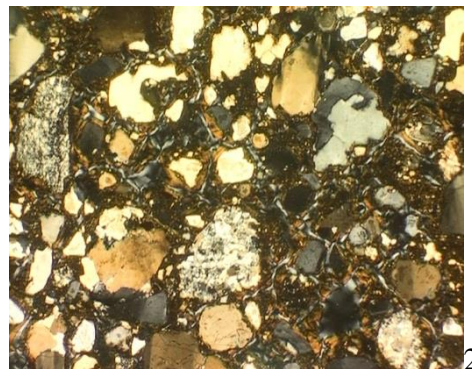
4x



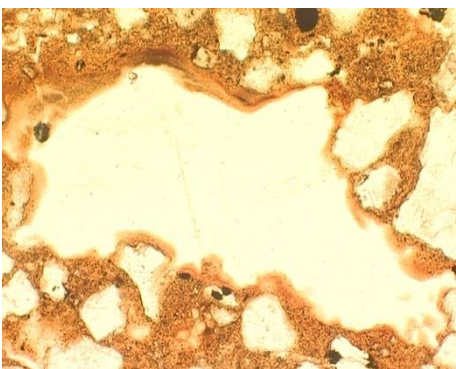
4x



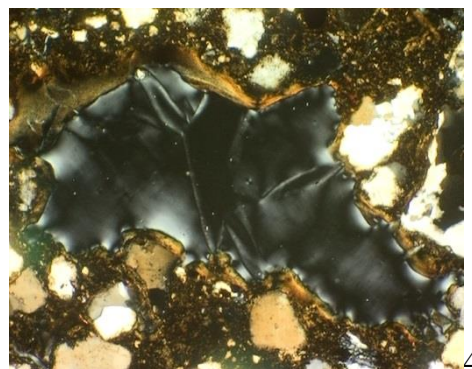
2x



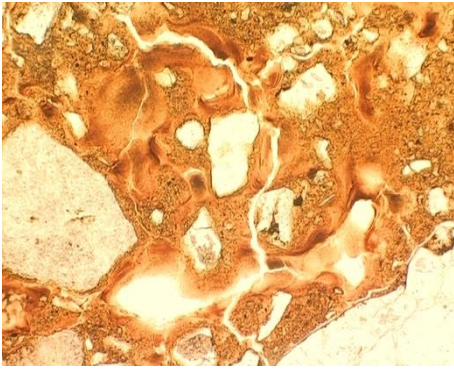
2x



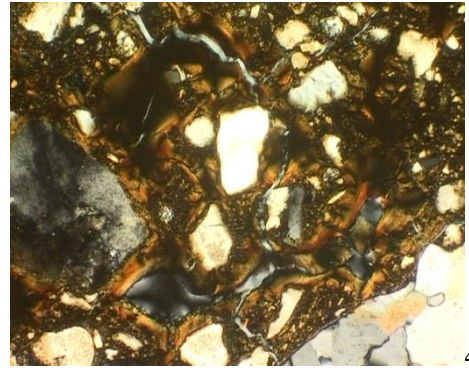
4x



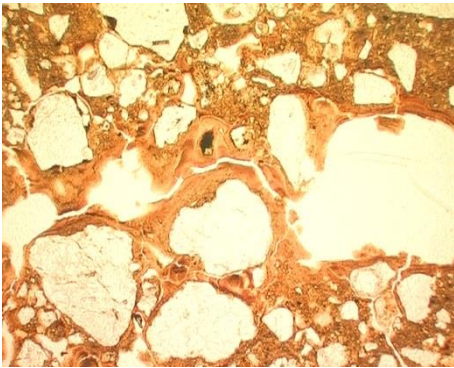
4x



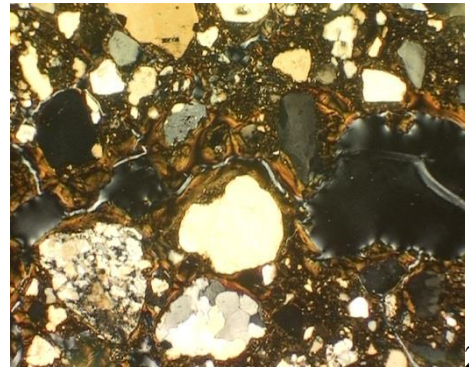
4x



4x

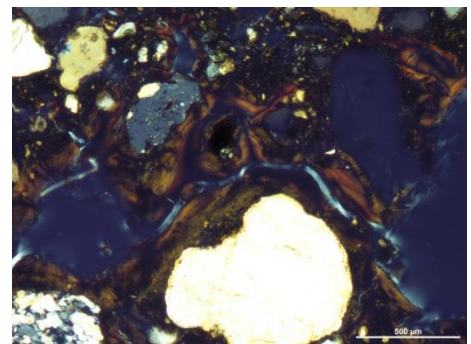
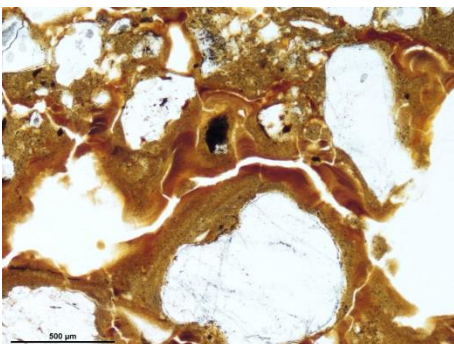
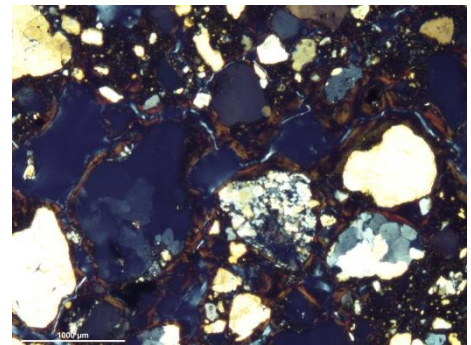
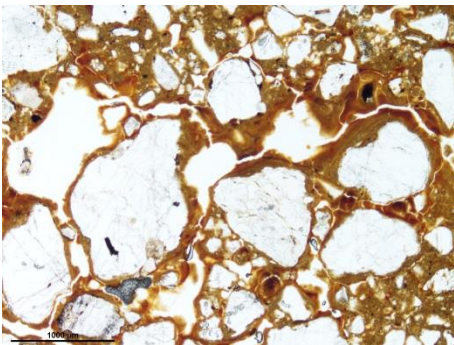


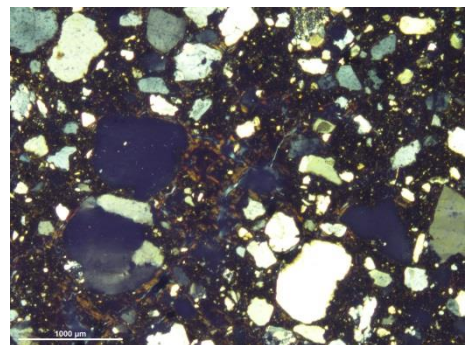
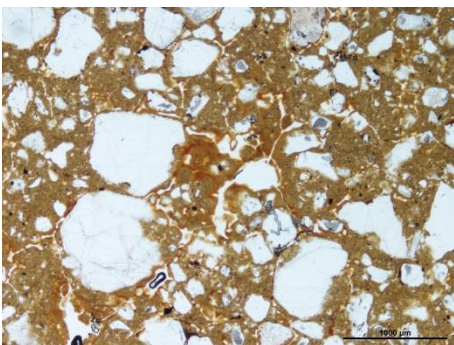
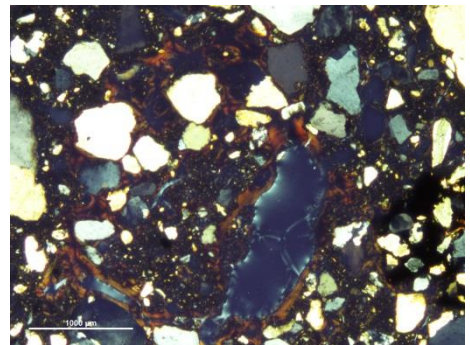
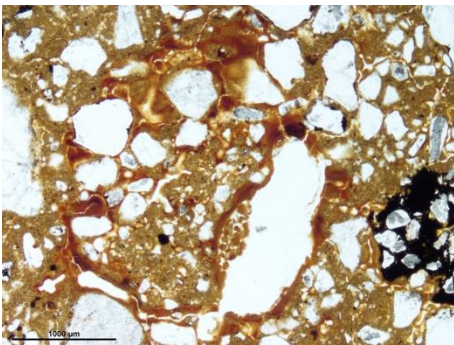
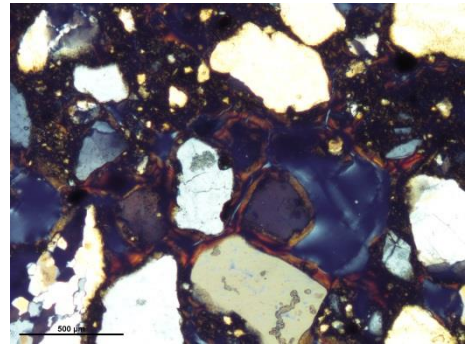
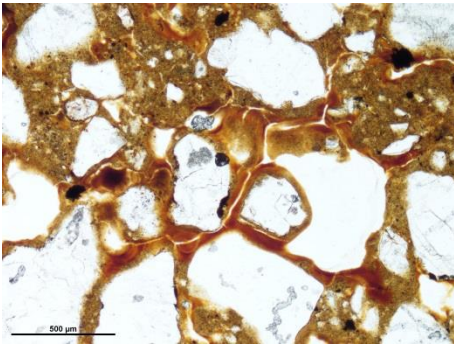
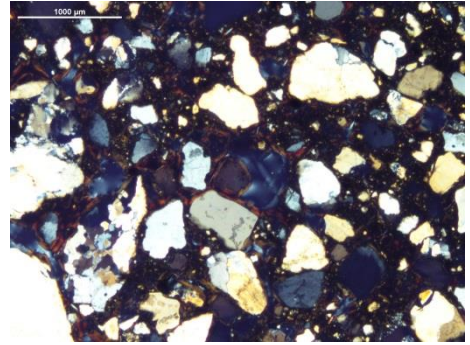
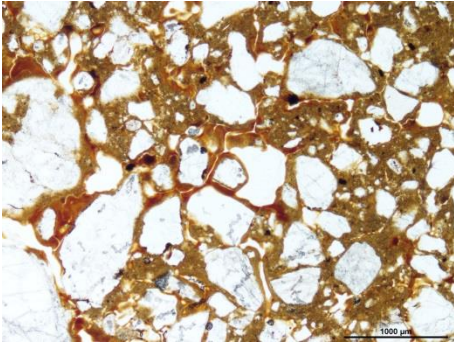
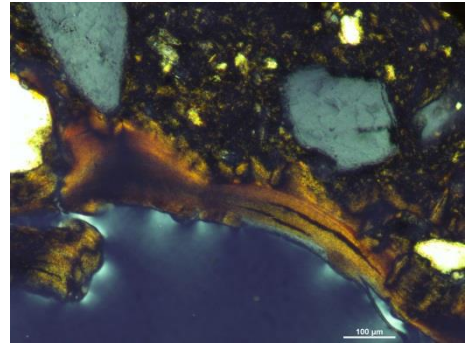
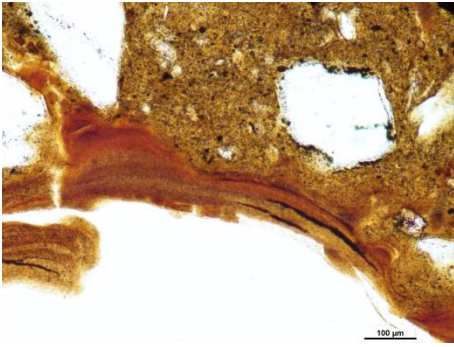
2x

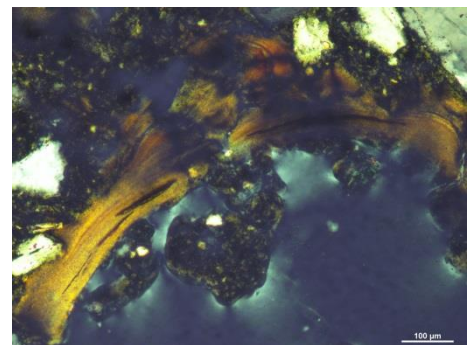
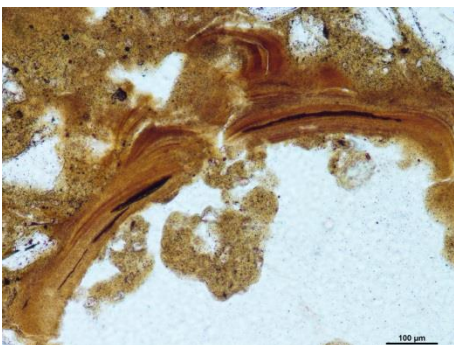
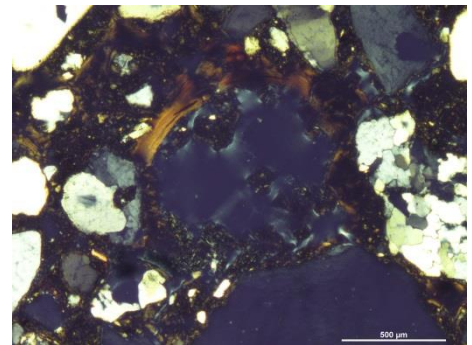
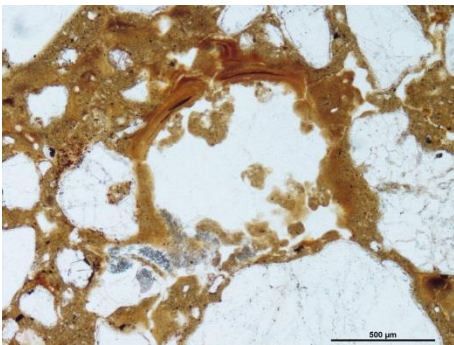
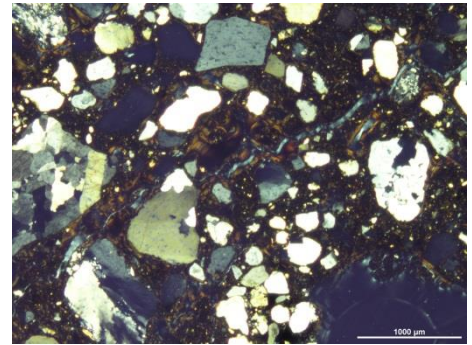
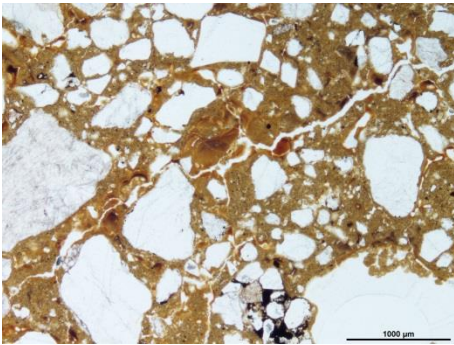
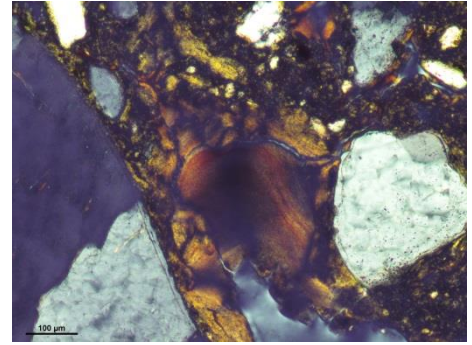
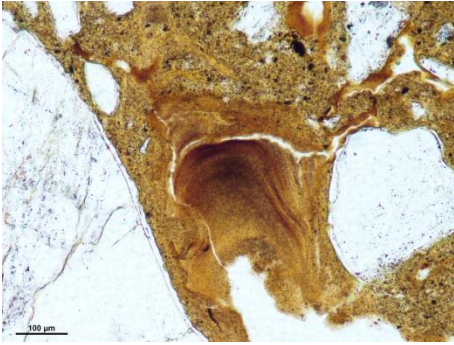
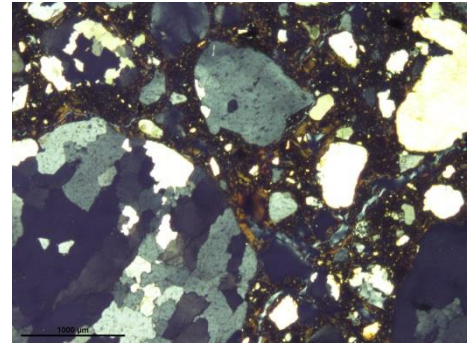
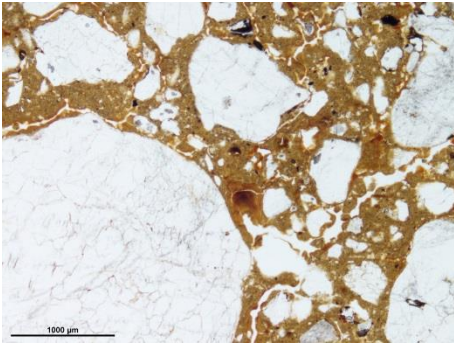


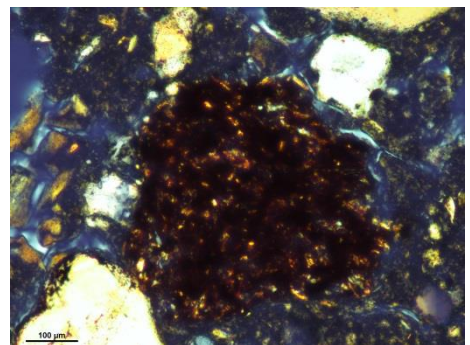
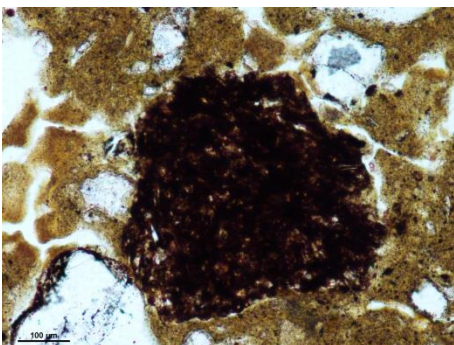
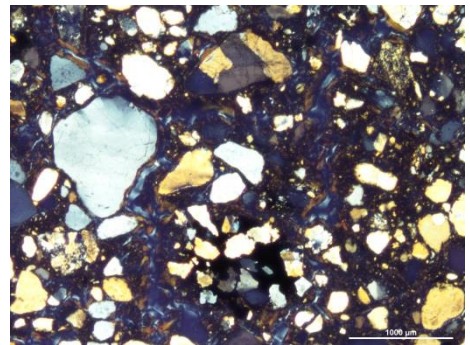
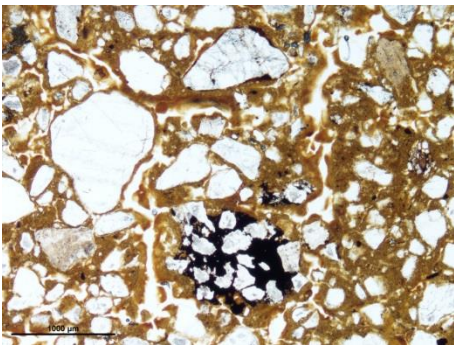
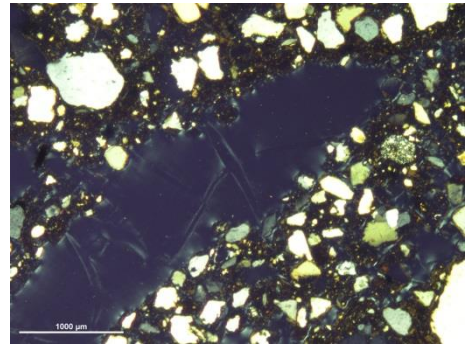
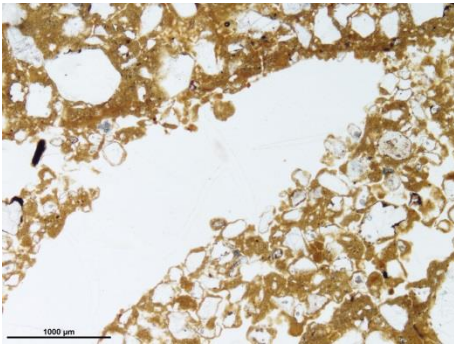
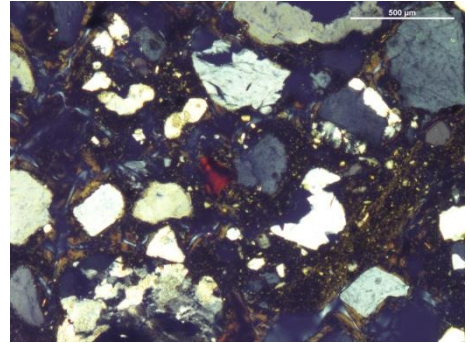
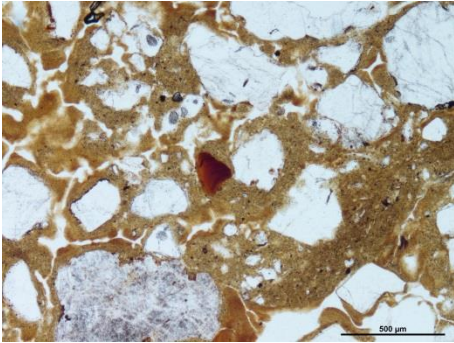
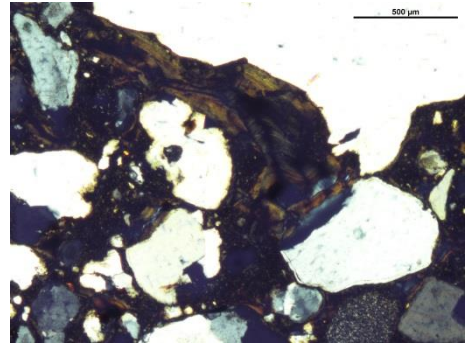
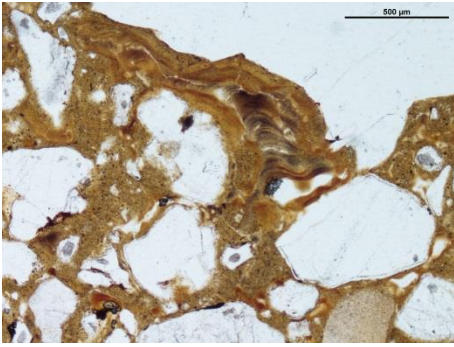
2x

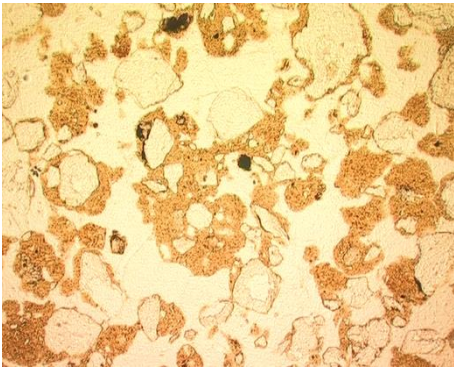
Tautavel definitivas – Ema/270cm



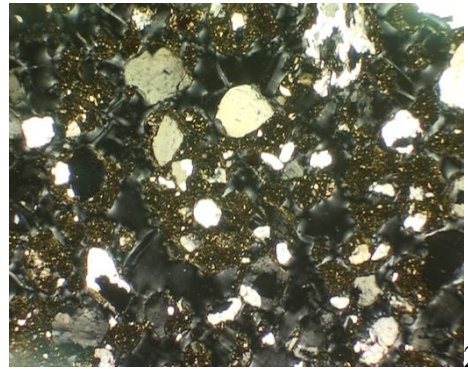




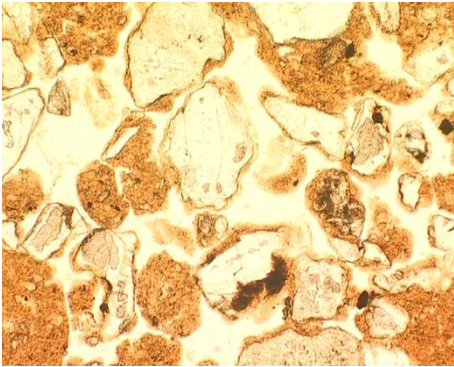




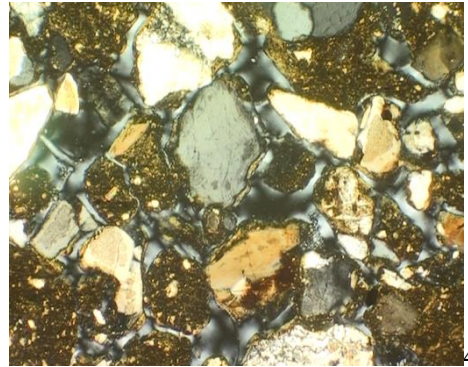
2x



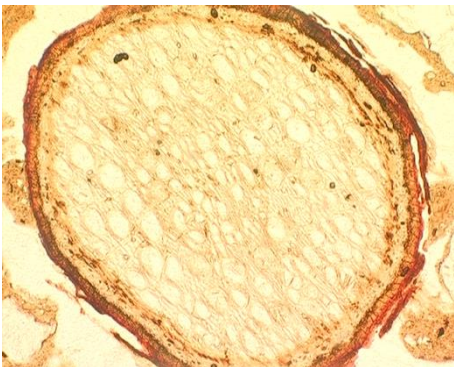
2x



4x



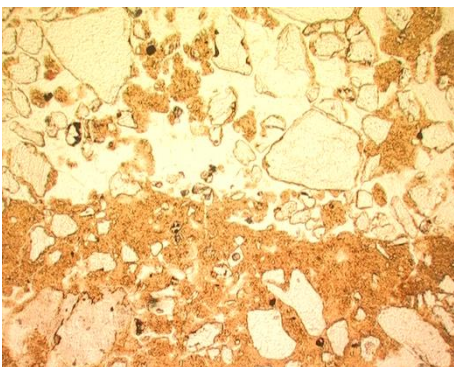
4x



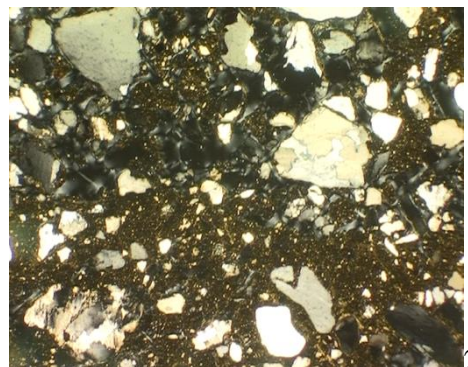
4x



4x

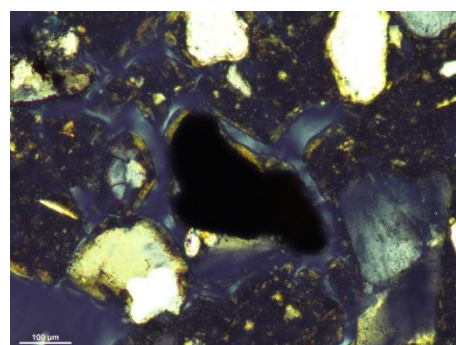
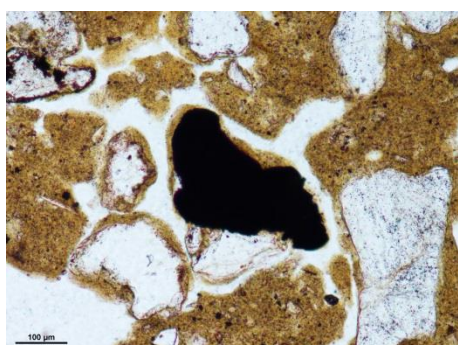
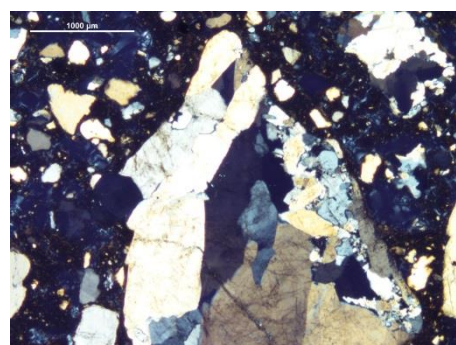
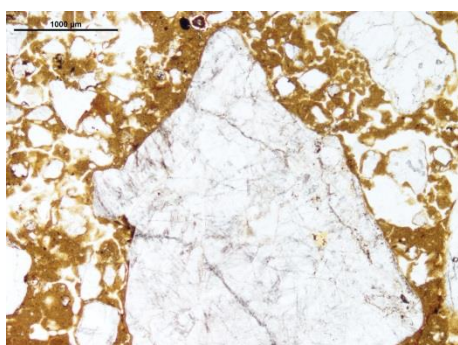
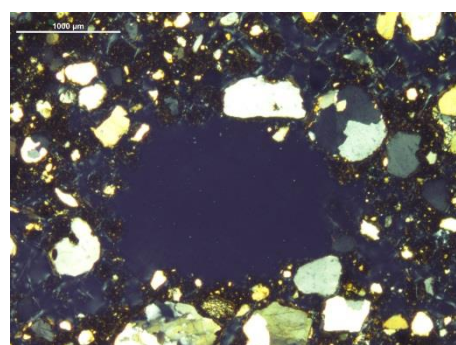
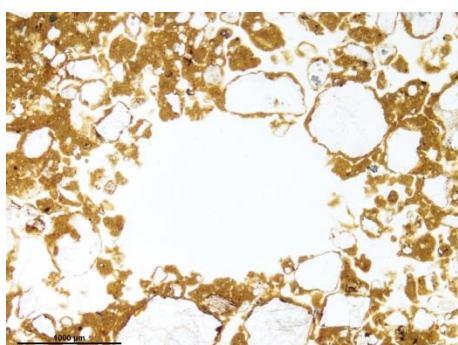
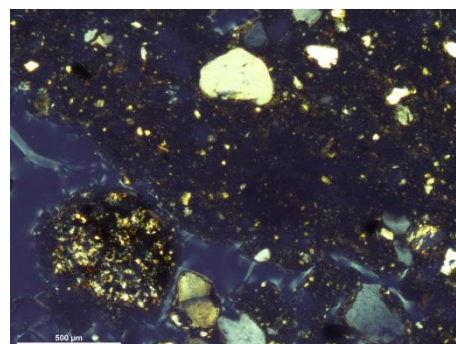
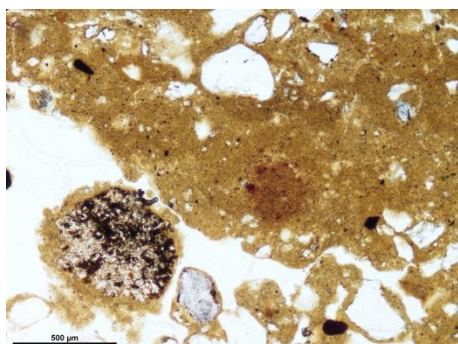
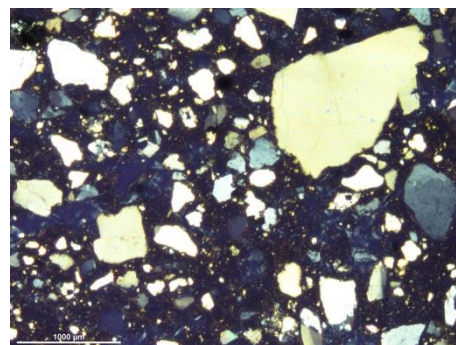
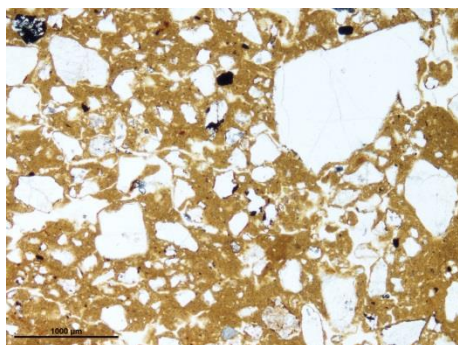


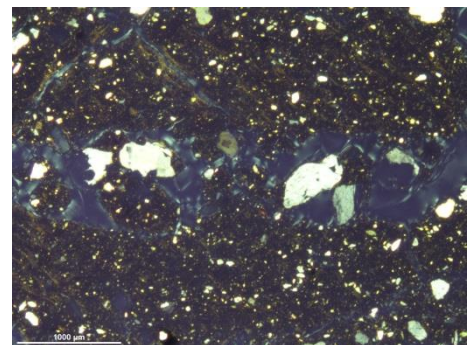
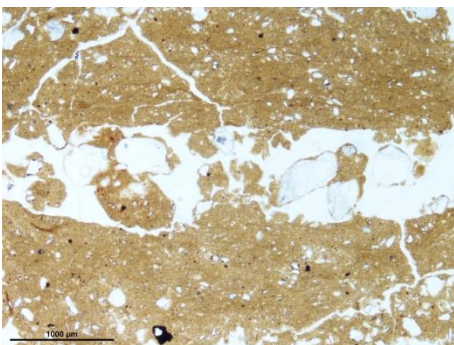
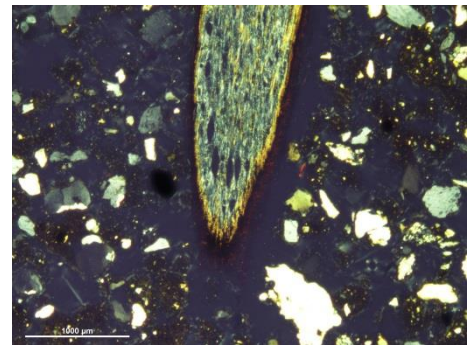
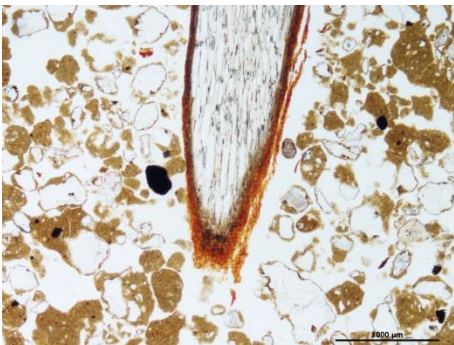
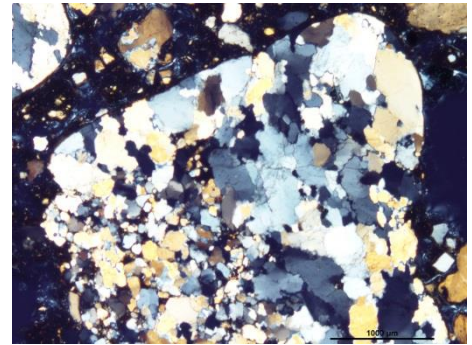
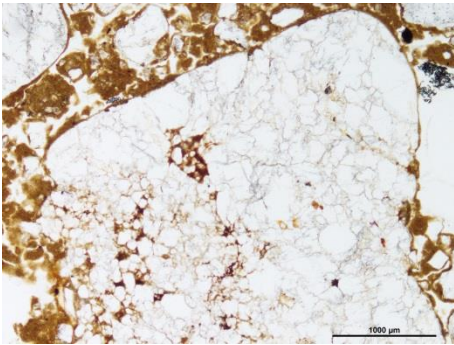
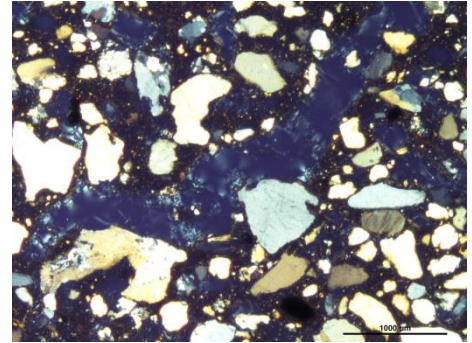
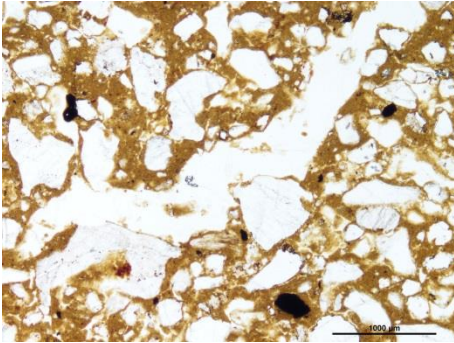
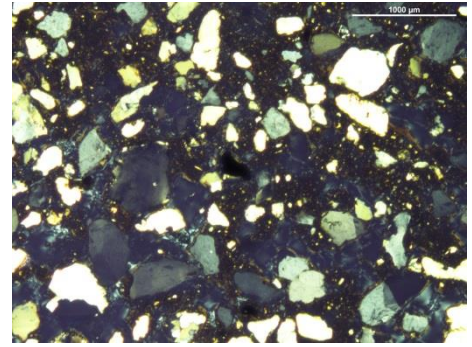
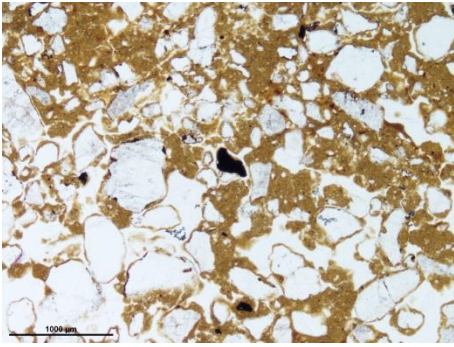
2x

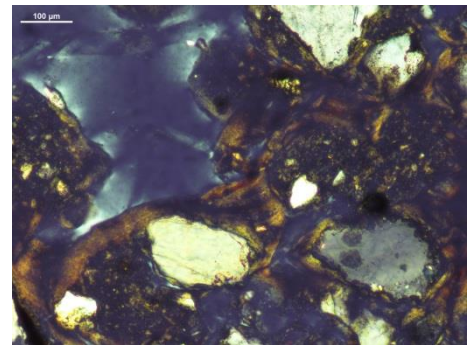
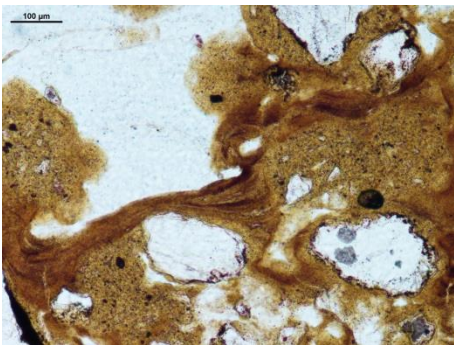
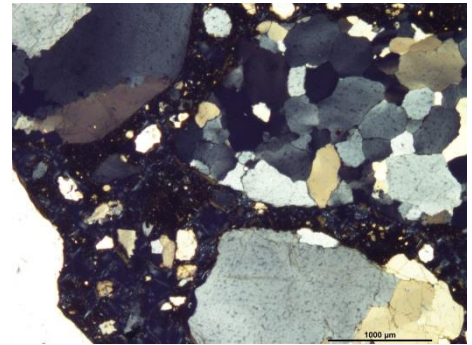
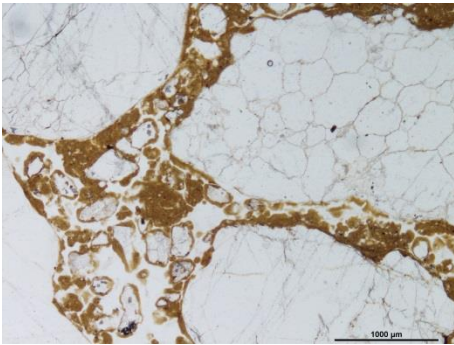
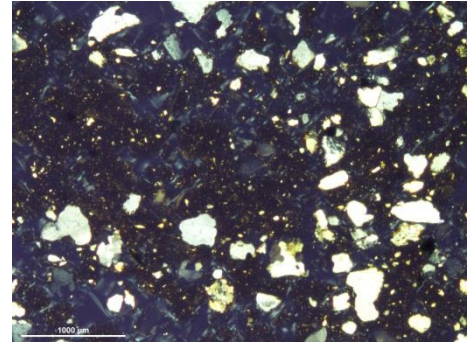
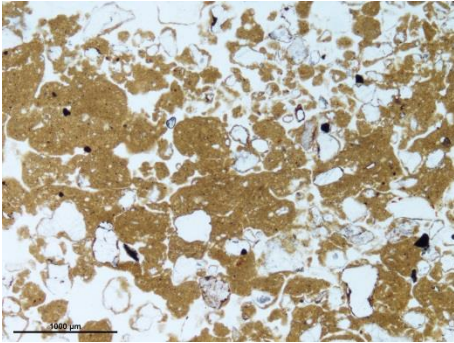
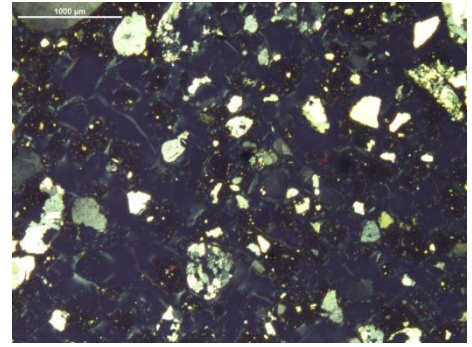
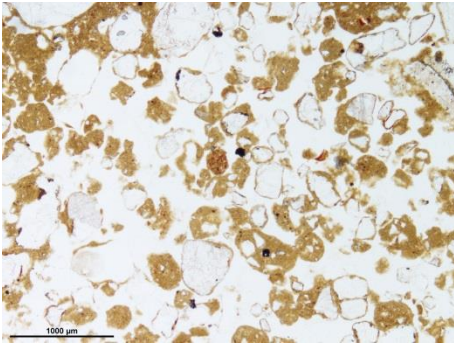


2x

Tautavel definitivas – Ema/100cm







Tautavel definitivas – Ema/25cm

